



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 40 17 709 A 1

⑯ Int. Cl. 5:  
F 15 D 1/14  
B 01 D 43/00

DE 40 17 709 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 40 17 709.2  
⑯ Anmeldetag: 1. 6. 90  
⑯ Offenlegungstag: 5. 12. 91

⑯ Anmelder:  
Zöld, Tibor, Dr., 4400 Münster, DE

⑯ Vertreter:  
König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 4000 Düsseldorf

⑯ Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Vorrichtung zum gesteuerten Aussondern von Volumenelementen aus einem Fluid

⑯ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum gesteuerten Aussondern von Volumenelementen mit oder ohne darin eingebettete Teilchen aus einer Fluidströmung, die in Transportleitungen eines Durchfluß-Kanalsystems strömt, beschrieben. Zum Steuern der Strömung und damit zum Verteilen von reinen Fluiden oder zum Sortieren von Teilchen wird jeweils eine kurzeitige Druckerhöhung am Eingang vorgewählter Ableitungen mit solcher Größe vorgesehen, daß die Strömung des zu verteilenden Fluids von diesen Eingängen weg und zu anderen Ableitungen hingelenkt wird, an denen eine Sperrdruckerhöhung in derselben Verteil/Sortier-Phase nicht vorgesehen wird. Am Ende der Ableitungen werden Pufferhöhlräume vorgesehen, die dazu dienen vom Verteil/Sortier-Vorgang herrührende Schwingungen zu kompensieren.

DE 40 17 709 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Verteilung von Flüssigkeiten, Gasen und Aerosolen (Fluiden) nach einem vorgegebenen Programm oder das Sortieren individueller Teilchen, wie Zellen, aus einer Suspension unter Berücksichtigung einer ihrer individuellen physio-chemischen Eigenschaften, wie Partikelgröße, DNA und/oder Protein-Gehalt einer Zelle. Ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung finden daher vorteilhafte Anwendung in der Zytologie zum Sortieren und Analysieren von Zellen, das heißt insbesondere in der Krebsforschung, aber auch bei dem Verteilen irgendwelcher Fluide und/oder Gase.

Zwei Verfahren von praktischem Wert und mehrere auf diesem Verfahren basierende Vorrichtungen zum Sortieren individueller Teilchen, wie Zellen und Chromosomen aus einer Suspension sind, wie im folgenden angegeben, bereits bekannt. Unter Verwendung des einen dieser Verfahren ist kürzlich eine Vorrichtung zum Verteilen von Tropfen entwickelt worden. Auch diese Vorrichtung wird nachfolgend beschrieben.

Das ältere Verfahren wird oft als das "Jet-Verfahren" oder als das "Offene Verfahren" bezeichnet; hierzu wird beispielsweise hingewiesen auf "Electronic Separation of Biological Cells by Volume", M. J. Fulwyler, Science, Band 150, Nov. 1965, 910/911. Das bekannte Verfahren arbeitet auf folgende Weise:

Eine etwa 10 µm starke Zentralströmung, die von einer Hüllströmung mit einem äußeren Durchmesser von etwa 50 bis 100 µm umgeben ist, wird durch den Auslaß eines als Düsenkammer bezeichneten Hohlraums in eine Richtung nach unten in die Umgebungsluft durch die Wirkung eines auf die Behälter der jeweiligen Flüssigkeiten der beiden Strömungen ausgeübten Drucks ausgestoßen. Die Teilchen oder Zellen werden innerhalb der dünnen Zentralströmung zu dem Kreuzungspunkt eines sehr energiereichen Laserstrahls und den optischen Achsen von zwei Objektiven gebracht. Dort werden die Teilchengröße und eine der physio-chemischen Komponenten durch Erfassen des an den Teilchen gestreuten Lichts bzw. des von den Teilchen emittierten Fluoreszenzlichts durch Sammeln in den Objektiven gemessen. Die beiden Arten von Lichtimpulsen der passierenden Teilchen oder Zellen werden mit Hilfe von Photomultipliern in elektrische Impulse, die proportional zu den beiden Teileneigenschaften sind, umgewandelt. Aus diesen Impulsen werden über elektronische Mittel zwei Histogramme erhalten, die den Teilchentyp der Suspension kennzeichnen. Gleichzeitig untersuchen andere elektronische Mittel diese Impulse und bestimmen, ob ein bestimmtes Teilchen aus der Suspension auszusortieren ist, um nach dem Sortieren in einem entsprechenden Behälter gesammelt zu werden.

Eine Ultraschallwelle mit einer Frequenz von etwa  $5 \times 10^4$  Hz wird mit Hilfe eines piezoelektrischen Wandlers längs der kombinierten offenen Strömung erzeugt, so daß die Strömung nach wenigen mm in einen Strom von kleinen Tropfen aufbricht, von denen einige die aus der Suspension auszusortierenden Teilchen enthalten. Während des Sortierens wird der Strom in dem Moment elektrisch beladen, in dem die Tropfchen dabei sind auszubrechen, so daß die Tropfchen etwas elektrische Ladung mit sich tragen. Ein elektrisches Feld von einigen tausend V/cm lenkt diese Teilchen ab, wodurch die auszusortierende Teilchen enthaltenden Tropfen in ihren zugehörigen Behältern gesammelt werden. Trop-

fen, die nicht auszusortierende Teilchen enthalten, werden nicht beladen, solche Tropfen fallen daher vertikal nach unten und werden in einem mittleren Behälter gesammelt.

Ausgezeichnete Ergebnisse beim Sortieren von Zellen und Chromosomen werden neuerdings berichtet für einen Teilchendurchflußbereich von 700 bis 2200 (Zellen oder Chromosomen)/sec. Es haben sich dabei auch ausgezeichnete Verteilungen der sortierten Populationen ergeben. Hierzu wird verwiesen auf "Analysis of Glycosaminoglycans of Flow Sorted Cells, etc.", O. C. Blair et al., Cytology, Band 3, 1982, Nr. 3, 166–171, und "Separation and Analysis of Human Chromosomes, etc.", J. G. Collard et al., Cytometry, Band 5, 1984, 9–19.

Die empfindliche Form der offenen Strömung neigt jedoch stark zu Instabilität mit der Folge einer entsprechenden Betriebsunsicherheit des Verfahrens. In neueren Veröffentlichungen gibt es zu diesem Nachteil des Sortierens ausführliche Kommentare. Es wird beispielsweise verwiesen auf "Multistation Multiparameters Flow Cytometry: Some Influences of Instrumental Factors on System Performance", H. M. Shapiro et al., Cytometry, Band 4, 1983, 11–19, und "Helpful Hints in Flow Cytometry and Sorting", Ph. N. Dean, Cytometry, Band 6, 1985, 62–64.

Weiterhin kann dieses kombinierte offene Strömungssystem sogar durch die zu untersuchenden oder zu sortierenden Teilchen bzw. Zellen selbst gestört werden, wenn diese Teilchen relativ zum Strömungsdurchmesser zu groß sind. Es wird hierzu verwiesen auf "The Influence of Particles on Jet Breakoff", R. T. Stovel, J. Histochem. Cytochem., Band 25, 1977, Nr. 7, 813–820.

Schließlich bringt auch die Verwendung einer energiereichen Lichtquelle, z. B. eines Lasers, wegen der Raumauwendigkeit Nachteile. Im bekannten wird jedoch eine energiereiche Lichtquelle gebraucht, weil nur schwach Licht sammelnde Objektive sicher mit der offenen Düsenströmung kombiniert werden können, wenn eine Befeuchtung des Objektivs durch die Strömung vermieden werden soll. Außerdem kann das Erfordernis eines energiereichen Lasers auch nachteilig sein, wenn besondere Sicherheitsvorschriften erfüllt werden müssen.

Aus der US-PS 43 41 310 ist eine Vorrichtung zum Verteilen eines Fluids bekannt, bei der die "Düsen-Methode" eingesetzt wird. Hierbei soll das aufzuteilende Fluid als Strom ungeladener Teilchen fließen, wobei die Menge des Stroms am Ziel durch eine andere Strömung beladener Tropfchen durch Kollision der Tropfchen beider Strömungen gesteuert wird. Dieses offene Verteilsystem kann jedoch nicht ohne weiteres eingesetzt werden, wenn umwelt-bedenkliche Fluide zu bearbeiten sind, außerdem kann nach diesem Verfahren nur eine Strömung bearbeitet werden.

Die verschiedenen Nachteile der ersten Methode, der Düsenmethode, und die darauf basierenden Meßsysteme sind lange bekannt, aus diesem Grunde war man bemüht, eine verbesserte, nach anderen Prinzipien arbeitende Methode zu schaffen.

Die obengenannte zweite Methode zur Analyse und zum Sortieren von Teilchen in einer Suspension wurde vom Anmelder erfunden; vgl. DE-OS 27 16 095 und US-PS 41 75 662. Diese zweite Methode arbeitet wie folgt: Die Kombination einer sehr dünnen Zentralströmung und deren Hüllströmung werden in einer Düsenkammer auf eine – flüchtig gesehen – ähnliche Weise wie beim ersten Verfahren erzeugt. Die kombinierte Strömung fließt jedoch in dem flachen Hauptkanal weiter, der

selbst einen mit dem Düsenstrom der ersten Methode vergleichbaren Querschnitt besitzt. Der Hauptkanal verzweigt sich an seinem Ende in drei Auslaßkanäle. Nicht nur die Düsenkammer und der Hauptkanal, sondern auch die drei Auslaßkanäle werden mit ein und demselben, sehr dünnen – etwa 100 µm dicken – Mikroskop-Deckglas überdeckt, so daß die verschiedenen Strömungen alle in einem vollkommen verschlossenen Kanalsystem fließen.

In dem geschlossenen System nach der genannten DE-OS 27 16 095 werden die innerhalb der Zentralströmung fließenden Zellen oder Teilchen typisch nach einem optischen System analysiert. Hierzu werden die Teilchen mit einem UV-Licht beleuchtet, das mit Hilfe einer Quecksilberhochdrucklampe von 100 W erzeugt wird. Die Lampe liefert ein UV-Licht von etwa 10 mW durch ein sehr stark lichtsammelndes UV-Objektiv, das Teil eines Auflicht-Mikroskops ist. Das dabei von geeignet gefärbten Teilchen emittierte Fluoreszenzlicht wird durch dasselbe Objektiv gesammelt, und die gesammelten Lichtimpulse werden mit Hilfe eines einen Teil des Mikroskopsystems bildenden Photomultipliers in elektrische Impulse umgewandelt. Da das Lichtsammelvermögen dieses Objektivs rund 20- bis 30mal größer als bei der ersten Methode ist, genügt die beschriebene einfache Lampe zum Liefern des gleichen Fluoreszenzlichts wie ein Vier-Watt-Argonlaser, der etwa 80 mW in dem quasi UV-Bereich leistet.

Nach der Analyse fließen die Teilchen weiter innerhalb der Zentralströmung zu dem Kanalverzweigungsbereich, während die entsprechenden elektrischen Impulse durch eine elektronische Einrichtung, die entscheidet, ob das jeweilige Teilchen aus der Suspension ausgesortiert werden soll oder nicht, analysiert werden.

Bei dem Sortieren aus einer "Zweier-Besetzung" werden zwei Gruppen von Teilchen oder Zellen aus ihrer Suspension getrennt. Wenn die auszusortierenden Teilchen in den linken Auslaßkanal strömen sollen, wird durch Elektrolyse eine Gasmenge im rechten und im mittleren Kanal erzeugt, so daß diese Kanäle vorübergehend für die aus dem Kanalverzweigungsbereich kommende Strömung verschlossen werden und die ausgewählten Teilchen zusammen mit etwa umgebendem Elektrolyt in den linken Kanal gezogen werden, weil dort kein Gas erzeugt worden ist und die Ansaugkapazität dieses Kanals während der Ablenkzeit nicht vermindert ist. Wenn natürlich die Teilchen in den rechten äußeren Kanal abgelenkt werden sollen, weil sie der zweiten auszusortierenden Gruppe angehören, wird Gas im linken und mittleren Auslaßkanal erzeugt. Schließlich werden Teilchen, die weder zur einen noch zur anderen Gruppe gehören und nach keiner Seite abzulenken sind, ohne Störung der Strömung in den mittleren Auslaßkanal entlassen.

Die drei Teilsuspensionen werden in drei getrennten Flaschen gesammelt. Die Flaschen werden auf dieselbe Saugpumpe geschaltet. Die Suspension soll einen Druck von 300 mm Hg, das heißt ein Vakuum erzeugen, um den Elektrolyt (Suspension) durch das Strömungssystem in die Flaschen zu ziehen. Dadurch werden auch größere Gasblasen als bei Betrieb mit Atmosphärendruck erzeugt.

Bei einem Trennverfahren mit Einfachbesetzung von auszusortierenden Teilchen werden die Teilchen, die zu der Auswahlgruppe gehören, nicht abgelenkt, sie verlassen das System daher durch den mittleren Auslaßkanal. Alle anderen Teilchen werden abgelenkt. Das Ablenken erfolgt jedoch abwechselnd in den linken und rechten

Kanal, um den Sortierer symmetrisch zu beladen. Die angeschlossenen Kanäle arbeiten normalerweise in den Abfall. Bei dieser Sortiermethode verbleiben die ausgewählten Teilchen immer im reinen Elektrolyt, wenn im mittleren Auslaßkanal kein Gas erzeugt wird. Diese Betriebsweise ist daher speziell wertvoll zum Sortieren lebender Zellen in Abhängigkeit von deren physio-chemischen Eigenschaften.

Indirekte Versuche zeigen jedoch, daß auch die Zweier-Besetzungs-Methode zum Sortieren lebender Zellen einsetzbar ist, hier gibt es aber wahrscheinlich einige Grenzen betreffend die Zeitdauer des Sortierens. Beispielsweise Krebszellen von Mäusen können zwei Stunden in einem Elektrolyten leben, der durch Nebenprodukte der Elektrolyse einer physiologischen Kochsalzlösung verunreinigt wurde.

Sortierergebnisse und zusätzliche Beobachtungen haben gezeigt, daß nach dieser zweiten Methode arbeitende Vorrichtungen sehr stabil und zuverlässig sind. Zentralströmungen mit einer Dicke von etwa 1,0 µm schwanken oder flimmern nicht unter einem 50fachen Stereo-Mikroskop, wenn diese Strömung durch Färben mit schwarzer Tinte von der Hülleströmung kontrastiert wird. Mit einer auf der Basis der zweiten Sortiermethode konstruierten Vorrichtung konnten fluoreszierende Latexkügelchen von etwa 20 µm Durchmesser sehr erfolgreich sortiert werden. Derartige Kügelchen-Durchmesser konnten bei Konstruktion der Vorrichtung nach der ersten Methode nicht getrennt werden; vgl. hierzu die Stovel-Veröffentlichung. Das Sortieren kleinerer Kügelchen nach der Zweier-Besetzungs-Methode erfolgte ebenfalls sehr zuverlässig, wobei gezeigt wurde, daß nach dieser Methode zwei Gruppen von Teilchen gleichzeitig sortiert werden konnten. Ähnlich besaß auch die Einfach-Besetzungs-Methode beim Sortieren von Zellen eine sehr hohe Zuverlässigkeit.

Aus einigen Sortierergebnissen bei der Zweier-Besetzungs-Methode hat sich ergeben, daß sehr weiche, gallertartige Zellen, nicht an den Wänden des Kanalsystems schleifen dürfen, wenn sie sich mit hoher Geschwindigkeit bewegen. Solche Zellen können nämlich nach einem Zusammenstoß mit den Wänden als Folge der Reibung an der Wand, die niemals vollkommen glatt sein kann, zerstört werden. Am Ende der Entwicklung der vorgenannten Sortierzvorrichtung wurden jedoch so große Ablenkinkel erreicht, daß ausgezeichnete Sortierergebnisse auch bei empfindlichen Zellen zu erwarten waren. Die Bedeutung einer ausreichend großen Zellenablenkung ergab sich in den Experimenten, als eine gebrochene Elektrodenspitze und die sich dabei ergebende Elektrodenform die Sortierqualität verminderte.

Viele der Zweier-Besetzungs-Moden der Zellsortierung waren jedoch nur ein Teilerfolg, wenn die Zahl der Zellen der einen Komponente beträchtlich größer als diejenige der anderen Komponente war. Eine zusätzliche Beobachtung hat weiterhin ergeben, daß bei fluoreszierend kontrastierten Zellen die Zentralströmung im Mittel von dem Seitenkanal weggebogen wurde, an dem die Ablenk-Gasblasen erzeugt wurden, wodurch eine weitere Ablenkung der Zellen begünstigt wurde. Als Konsequenz hieraus wurden die Zellen der an Zahl größeren Komponente besser sortiert als die Zellen der anderen Komponente. Von letzterer Besetzung wurden in einigen Fällen nur Trümmer als Sortierergebnis erhalten, was klar zeigt, daß die Zellen dieser Komponente nicht weit genug weg von den Kanalwänden abgelenkt worden waren.

Dieser Nachteil wird darauf zurückgeführt, daß das erzeugte Gas von dem entsprechenden Auslaßkanal nicht abgeführt wurde. Dadurch ergab sich eine Ver- minderung des Vakuums in diesem Kanal, die eine stärkere Saugkraft im anderen Kanal mit gleichzeitiger Bie- gung der Zentralströmung zur Folge hatte. Es stellten sich daher sehr schlechte Sortierergebnisse ein, wenn eine Komponente der Besetzung deutlich größer als die andere war. Die relativ langsame Ablösung des er- zeugten Gases in dieser Vorrichtung zeigt auch, daß Sortierleistungen in der Größenordnung von mehreren tausend Zellen pro Sekunde in diesem System ziemlich unwahrscheinlich sind.

Eine reine Fluid-Verteilung nach der zweiten Metho- de wurde bisher nicht probiert, man kann jedoch leicht sehen, daß einige Variationen dieser Betriebsart mit den Vorrichtungen auszuführen sind, wenn die steuernden Gasblasen nach einem durch eine elektronische Einrich- tung, wie einen Computer, vorgegebenen Programm er- zeugt werden.

Nach der US-PS 45 26 276 bestehen die geometri- schen und elektrischen Hauptkennzeichen darin, daß die Teilchensuspension gesteuert entweder innerhalb eines quasi koaxial in einem größeren Rohr angeordneten Rohrs oder zwischen diesen beiden Röhren fließt, wobei zum Steuern der Strömung eine undefinierte Art der Gaserzeugung zu verwenden ist. Obwohl die Konstruk- tion von zwei koaxialen Röhren keine besonderen Pro-bleme machen dürfte, ist jedoch die Realisierung der Steuerelektroden in diesen Röhren bestimmt nicht ein- facher als das Einbetten der gleichen Elektrodenarten in die vertikalen und leicht zu beobachtenden sowie erreichbaren Wände des Kanalsystems nach der US-PS 41 75 662. Ein Aspekt ist ganz klar, das Zwei-Zylinder- Strömungssystem erlaubt nur ein Sortieren einer Ein- fachbesetzung, während das Kanalsystem nach der US-PS 41 75 662 sowohl eine Einfach- als auch eine Doppel- Besetzung und sogar eine Vielfach-Besetzung sortieren kann. Zur Klarstellung ist auch wichtig, darauf hinzu- weisen, daß die Teilchen in beiden aus den zuletzt ge- nannten US-PS bekannten Systemen indirekt sortiert werden, indem nämlich nicht unmittelbar die Teilchen selbst, sondern kleine Volumenelemente des Elektroly- ten, die die Teilchen umhüllen, zum Ablösen unmittel- bar erfaßt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Ver- fahren bzw. eine Vorrichtung zum schnellen und zuver- lässigen Austeilen von Fluid-Volumenelementen nach Programm bzw. zum Aussortieren von Teilchen aus dem Fluid nach Analyse zu schaffen, die auch in der Lage sind, asymmetrisch zu sortieren und/oder größere Sortiergeschwindigkeiten als bisher zu liefern. Ins- besondere besteht die Aufgabe darin, ein Verfahren zum schnellen und zuverlässigen Sortieren individueller Teil- chen in einer Suspension in Abhängigkeit von einer oder mehreren von deren physio-chemischen Eigen- schaften oder zum schnellen und zuverlässigen Verteilen irgendeines Fluids, Gases oder Aerosols in Abhän- gigkeit von einem vorgegebenen Programm zu schaf- fen, wobei die Substanz durch ein geschlossenes, höh- lenartiges Strömungssystem fließt, unabhängig davon, ob dieselbe Geschwindigkeit von Fluid oder Suspension in allen Auslässen des Systems besteht oder nicht. Weiterhin sollen die Vorrichtungen so konstruiert werden, daß das gesamte Strömungssystem einfach zu beobach- ten und daher durch die verschiedenen Einlaß- und/oder Auslaßröhren, ohne das Strömungssystem selbst zu öff- nen, gereinigt werden kann, so daß die Unterhaltung der

Vorrichtung wesentlich einfacher als bei früheren Ein- richtungen dieser Art wird. Schließlich sollen die ver- schiedenen geometrischen und physio-chemischen Pa- rameter, die in Konstruktion und Betrieb des Systems 5 einbezogen werden, bis zu einem sehr hohen Grad optimiert werden, um eine Vorrichtung mit wesentlich ver- besserten Betriebsweise zu erhalten.

Die erfindungsgemäß Lösung wird in den Hauptan- sprüchen für das Verfahren und die Vorrichtung ange- geben. Erfindungsgemäß werden die bei einer asymme- trischen Teilchenbesetzung und/oder bei hohen Verteil- bzw. Sortiergeschwindigkeiten auftretenden Probleme 10 durch eine Vakuum-Kompensation überwunden. Ver- besserungen und weitere Ausgestaltungen der Erfin- dung werden in den Unteransprüchen beschrieben. Der 15 Einfachheit halber wird im folgenden häufig nur von einem Teilchensortierer gesprochen, wenn im jeweili- gen Zusammenhang auch eine Abtrennung von reinen Fluidelementen gemeint ist und umgekehrt.

20 Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung betrifft demgemäß ein Verfahren zum gesteuerten Aussorten von Volumenelementen aus einem in einer Ursprungs- richtung als dünner Strömungsstrahl fließenden Fluid in eine dem jeweiligen Volumenelement zugeordnete Ver- teilrichtung. Dabei wird für jedes Volumenelement ein 25 bezüglich der Ursprungsrichtung seitlicher Ablenkimpuls mit Hilfe eines aus einem Steuermedium gebildeten Fluidikdruckpolsters erzeugt. Erfindungsgemäß soll die durch den Ablenkimpuls auf den Strömungsstrahl aus- geübte Schwingung vor dem Auslösen eines nächsten 30 Ablenkvorgangs für ein Entkoppeln der Schwingungen gedämpft werden, indem das Fluidikdruckpolster seit- lich weg von der Ursprungsrichtung abgeführt wird.

Demgemäß wird durch die Erfindung ein Verfahren 35 zum Steuern der Strömung flüssiger Substanzen, wie Flüssigkeiten, Gase, Aerosole und individueller Partikel (Zellen) einer Suspension geschaffen. Dabei wird entwe- der in einer ersten Betriebsmode nach einem vorgege- 40 benen Verteilprogramm gearbeitet oder – nach einer zweiten Betriebsmode – in Abhängigkeit von einer oder mehreren individuellen physio-chemischen Eigen- schaften der Teilchen gearbeitet. Die Substanz strömt 45 unter der Wirkung einer Druckdifferenz durch ein ge- schlossenes bzw. hohlräumartiges und damit umwelt- freundliches Leitungssystem. Die Druckdifferenz wird zwischen die Einlässe und die Auslässe des Systems ge- legt.

Hierzu stellt ein kombinierter Kompensationsprozeß 50 erfindungsgemäß ein schnelles und zuverlässiges Errei- chen jeder vorgewählten Strömungskonfiguration si- cher. Diese Konfiguration wird durch die Verteilung der aufzuteilenden Substanz und die Strömung der in die Auslaßleitungen zugeführten bzw. injizierten Steuer- substanz, ein Fluid oder Gas, definiert. Der kombinierte Kompensationsprozeß sichert auch während des gesamten Betriebs des Systems die Rückkehr der Strö- 55 mung in die stationäre Ursprungskonfiguration nach je- der Ablenkung in eine Verteilkonfiguration.

Zu dem Verfahren gehören: das Transportieren der 60 fluiden Substanz in einer oder mehreren Strömungen in wenigstens eine Transportleitung in Richtung auf einen Kanalverteilungsbereich; das Analysieren der individuellen Teilchen in der Transportleitung in Abhängigkeit von einer oder mehreren von deren physio-chemischen Eigenschaften bei Einsatz zum Sortieren (zweite Be- triebsmode); das Bestimmen der geeigneten Verteil- 65 Strömungskonfiguration durch ein elektronisches Sy- stem; das Erzeugen der entsprechenden Verteil-Strö-

mungskonfiguration in dem Kanalverteilungsbereich, in den nicht nur die Transportleitungen eintreten, sondern von dem aus sich auch auf wenigstens zwei Verteilleitungen in jede mögliche Richtung verzweigen. Hierbei wird ein Fluid-Steuermedium — eine Flüssigkeit oder ein Gas — am Eingang dieser Verteil-Kanäle, in die die zu verteilende oder zu sortierende Substanz nicht eintreten soll, mit solchem Druck eingebracht bzw. injiziert, daß die zu behandelnde Substanz gedrängt wird, in die Verteilkanäle einzutreten. Dort wird nämlich ein solcher Druck bzw. eine solche Injektion während derselben Verteilphase nicht erzeugt. In dieser Phase fließt jedoch das Steuermedium in die Steuerkanäle, in die die aufzuteilende Substanz nicht eintreten konnte.

Zu dem Verfahren gehören ferner: das Transportieren der verteilten Substanzen in ihrem eigenen Verteilkanal zu einem entsprechenden Pufferhohlraum und das gleichzeitige Transportieren des Steuermediums, ebenfalls in seinem eigenen Kanal zu einem ähnlichen Pufferhohlraum, der am Ende jedes Steuer- oder Verteilkanals vorgesehen ist; das durch ein großes fluidfreies Volumen des Hohlraums erfolgende Entkoppeln schneller Schwingungen der kleinen Masse der Substanz und des Steuermediums, die von den Verteilkanälen in die entsprechenden Pufferhohlräume strömen von der bereits bearbeiteten, relativ großen Menge der fluiden Substanz, die nun langsam aus den Pufferhohlräumen abfließt, indem jeder dieser Hohlräume mit einem fluidfreien Volumen ausgestattet wird, das wesentlich größer als dasjenige des gesamten verteilenden Strömungssystems ist, weshalb sehr schnelle Schwingungen der kleinen Menge der zu verteilenden Substanz möglich sind, woraus eine sehr schnelle Betriebsweise des Verteil/Sortier-Systems folgt.

Zu dem Verfahren gehört ferner, wenn nötig, das gleichzeitige Puffern von Druckschwingungen bzw. -schwankungen in den sehr großen Hohlräumen, wenn solche Schwingungen durch das ebenfalls schwiegende oder schwankende Einfüßen des Steuermediums in diese Hohlräume verursacht werden.

Ferner gehört zu dem Verfahren das Trennen des Steuermediums von der verteilten Substanz oder von den sortierten Teilchen. Wenn diese Substanz ein Gas ist, erfolgt das Trennen durch Abdrängen des Gases zum Verlassen des Hohlraums unter der Wirkung hydrostatischen Auftriebs durch ein Gas-Auslaßloch. Letzteres kann im oberen Teil des fraglichen Hohlraums angeordnet werden. Währenddessen verläßt das abgeteilte Fluid den Hohlraum durch ein an dessen Boden vorgesehenes Auslaßloch. Durch diese Art der Pufferung wird eine exakte Rückkehr zu den stationären Druck- und Strömungsbedingungen des Verteilbereichs des Systems möglich. Nach Erreichen des stationären Zustands ist das System bereit für eine weitere vorgegebene Verteilphase. Durch die beschriebene Kompensation wird also ein schnelles und zuverlässiges Verteil/Sortier-System geschaffen.

Zu dem Verfahren gehört es weiterhin, anschließend die verteilten Fluide durch ein Zwei-Stellungs-Ventil entweder zu ihrem entsprechenden Filter/Auffang-Hohlraum oder in einen Abfallcontainer zu leiten. Im ersten Fall, in dem Filter/Auffang-Hohlraum, wird die Suspension vom größten Teil des suspendierenden Fluids getrennt, so daß als Endergebnis des Sortierverfahrens eine sehr hochkonzentrierte Teilchensuspension erhalten wird. Übrigens ist diese letztere Strömungsart nur in einer Anfangsphase des Betriebs erforderlich, wenn nämlich die verschiedenen Parameter, wie

die Strömung, die Druckdifferenz, die Ablenkmittel usw., für die spezielle Betriebsmode justiert werden sollen. Es sei darauf hingewiesen, daß das Zwei-Stellungs-Ventil und die Filter/Auffang-Hohlräume auch außerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung angeordnet werden können, wenn das für die jeweilige Betriebsweise günstiger sein sollte. In diesem Fall wird der Hohlraum als Filter/Auffang-Flasche bezeichnet. Die Flasche wird über Röhren mit dem Hauptteil der erfindungsgemäßen Verteil/Sortier-Vorrichtung verbunden.

Bevorzugt betrifft die erfindungsgemäße Lösung auch eine Vorrichtung zum gesteuerten Aussortieren von Volumenelementen aus einem Fluid durch pneumatisches Ablernen eines gerichteten, dünnen Strömungsstrahls des Fluids in einem dem jeweiligen Volumenelement zugeordneten Verteilkanal. Dabei soll die Bewegungsbahn des Strömungsstrahls durch ein Fließdruckpolster in mindestens einem anderen, dem Strömungsstrahl zugewandten Kanal verändert werden. Hierbei besteht die erfindungsgemäße Lösung insbesondere darin, daß am jeweiligen zum wahlweisen Erzeugen eines Fließdruckpolsters vorgesehene Kanal Kompensationsmittel zum vollständigen Abbau des Druckpolsters vor dem Aufbau eines dem nächsten Volumenelement zugeordneten Druckpolsters und zum Dämpfen von durch den Auf- und Abbau des Druckpolsters erzeugten Schwingungen vorgesehen sind. Vorzugsweise können die vom Druckpolster ausgehenden Schwingungen bzw. Schwankungen annähernd aperiodisch gedämpft werden. In jedem Fall können Volumenelemente des Fluids als solche, z. B. nach vorgegebenem Programm, einfach abgeteilt werden, oder es können in solchen Volumenelementen enthaltene Teilchen nach vorheriger Analyse willkürlich durch jeweils kurzzeitiges Ablernen des Strömungsstrahls aus der Ursprungsrichtung aus diesem in bestimmte Verteilerkanäle aussortiert werden.

Gemäß weiterer Erfahrung können die folgenden Merkmale und Mittel für spezielle Anwendungen oder zum Erreichen einer sehr hohen Betriebsqualität mit dem Verfahren oder der Vorrichtung kombiniert werden.

Die Strömung der zu behandelnden Substanz wird vorzugsweise entweder durch Anlegen eines Drucks an die Eingänge des Strömungssystems oder durch Anlegen eines Vakuums an die Auslässe des Systems vereinfacht. Es ist jedoch auch, wenn nötig, möglich, zugleich einen Druck an den Eingang und ein Vakuum an den Ausgang anzulegen. Dabei brauchen nicht alle Eingangs- oder Auslaßleitungen in gleicher Weise beaufschlagt zu werden. Die nicht angeschlossenen Ein- oder Ausgänge können auf einen abweichenden Druck, insbesondere auf Atmosphärendruck, gehalten werden.

Weiterhin können die fluiden Substanzen in den am Systemeingang vorgesehenen Transportleitungen den ganzen Querschnitt dieser Leitungen einnehmen, oder die Substanz kann aus einer Kombination mehrerer Substanzen bestehen, die dann in einer für jeden besonderen Fall konstruierten Kammer zusammengeführt werden, wenn das Fluid eine solche Kombination aus einem oder mehreren dünnen Strömungen, die von einer Hülleströmung umgeben werden, darstellen soll, werden die Strömungen und die genannte Hülleflüssigkeit in einer Düsenkammer zusammengeführt. Eine Version einer solchen Düsenkammer wird in der US-Patentanmeldung Serial No. 5 98 151 vom 9. April 1984 beschrieben. Die dort angegebene Vorrichtung wird gekennzeichnet durch ihre hohe Stabilität und Zuverlässigkeit beim Erzeugen der genannten Strömungen. Natürlich ist ein

stabiler und zuverlässiger Betrieb des Sortier/Verteil-Bereichs nicht möglich ohne eine ebenfalls stabile und zuverlässige Düsenkammer.

In der stationären Strömungskonfiguration fließt die kombinierte Strömung entweder durch denselben Verteikanal oder durch verschiedene Kanäle. Während des Verteilprozesses jedoch soll die Strömung entsprechend in das System eingeprägten Erfordernissen in die vorgeschriebenen Verteikanäle fließen.

Zum Erreichen von schnellen Schwankungen bzw. Schwingungen des Fluids während deren Unterteilung wird es erfahrungsgemäß nicht nur bevorzugt, Pufferhohlräume vorzusehen, sondern es soll auch die Ursache der Strömung, das heißt die auf die Vorrichtung ausgeübte Druckdifferenz, so stark wie möglich sein, während die Beträge der zu verteilenden Substanz und des Steuermediums besser auf einen erforderlichen Minimalwert zu halten sind.

Daher sollen die Querschnitte der verschiedenen Leitungen die zulässige Minimumgröße besitzen, die durch die Teilchengröße und/oder die Größe von erwarteten, möglicherweise in das System durch ein dem Eingang vorgeschaltetes Vorfiltersystem eingedrungenen Fremdkörpern gegeben ist. Die Länge der Leitungen oder Kanäle wird ebenfalls durch verschiedene funktionelle, konstruktive und die Wartung betreffende Erfordernisse, die unten erläutert werden, begrenzt.

Gemäß weiterer Erfindung soll der Ort der Injektion des Steuermediums teilweise am Eingang der Verteikanäle und teilweise sogar leicht innerhalb des Kanalverzweigungsbereichs liegen. Auf diese Weise wird die in dieser Zone während der Verteilphase hin- und herzuschüttelnde Substanz auf einen Minimalwert reduziert. Hiermit wird also ein weiterer bevorzugter Optimier-Parameter für den schnellstmöglichen Betrieb des Systems erhalten.

Wenn die Strömung der zu behandelnden Substanz in dem System nur durch Druck erzeugt wird, kann vorzugsweise die Injektion des Steuermediums durch ein spezielles Injektionsloch mit einem solchen Injektionsdruck bewirkt werden, daß das Steuermedium eine völlige Sperrung der Substanzströmung in diese Kanäle bewirkt, während es das Steuermedium ist, das nun während der Verteilphase in diese Steuerkanäle fließt. Gegebenenfalls erfolgt die Injektion des Steuermediums durch ein Injektionsloch, dessen Auslaß an einer für die Injektion optimalen Stellung angeordnet wird. Demgegenüber kann der Einlaß etwas weiter weg vom Kanalvolumen angeordnet werden, so daß sogar eine größere Zahl voluminöser Ventile, z. B. elektromechanische Ventile, ebenfalls leicht in fächerförmiger Weise rund um den Kanalverteilungsbereich zu positionieren ist.

Als Steuermedium wird ein Inertgas benutzt, wenn Reaktionen oder Mischungen zwischen der zu behandelnden Substanz und dem Steuermedium vermieden werden sollen. Wenn jedoch eine Mischung gewünscht wird, kann als Steuermedium die einzumischende Substanz verwendet werden. Im allgemeinen jedoch ist die Verwendung eines Gases als Steuermedium in diesem Fall wünschenswert, weil die während der Verteilphase in Schwankung zu versetzende Masse bei Gas eine minimale Größe hat. Dadurch wiederum wird die gesamte, in Schwingungen zu versetzende Masse vermindert und demgemäß die Systemgeschwindigkeit weiter erhöht.

Wenn die Fluide unter dem Einfluß eines an die Auslässe des Strömungssystems angelegten Vakuums durch das System fließen, ist die Verwendung eines Gases als durch die Injektionsleitung eingestoßenes Steuermedi-

um eine Betriebsmöglichkeit. In diesem Fall wird der Injektionsprozeß durch ein elektromechanisches oder piezoelektrisches Ventil gesteuert. Wenn es sich jedoch bei der aufzuteilenden Substanz um eine Flüssigkeit handelt, ist ein Gas oder Dampf, die injiziert oder bevorzugt durch einen elektrischen oder elektrochemischen Prozeß erzeugt werden, besonders vorteilhaft als Steuermedium, weil das Gas oder der Dampf in vielen Fällen genau an dem vorher definierten optimalen Platz erzeugt werden können und nicht erst durch eine Injektionsleitung mit Hilfe eines voluminösen Ventils herangeführt werden müssen.

Es gibt folgende im Rahmen der Erfindung bevorzugte Gas- und Dampf-Erzeugungsprozesse:

- (a) Die Elektrolyse eines geeignet ausgewählten Elektrolyten, z. B. einer physiologischen Kochsalzlösung, die für alle Zellbearbeitungen geeignet ist;
- (b) das Verdampfen eines Fluids, bei dem es sich um die gleiche Art von Elektrolyt, wie vorher definiert, handeln kann, zwischen zwei Elektroden durch ohmsches Erhitzen mit Hilfe eines sehr kurzen und gut stabilisierten elektrischen Bogens oder Funkens; oder
- (c) das Widerstandsheizen, erzeugt durch einen oder mehrere ausreichend leistungsfähige Laser.

Es ist leicht zu sehen, daß alle diese Gas- oder Dampf-Erzeugungsprozesse wegen des Fehlens jeglicher mechanisch bewegter Teile durch eine sehr hohe Betriebsgeschwindigkeit gekennzeichnet sind. Die Erzeugung dieser Medien findet statt zwischen stabil konstruierten Teilen, so daß nicht nur eine hohe Geschwindigkeit, sondern auch eine hohe Stabilität zu erreichen sind, das heißt, die Betriebsschwankungen sind gering gegenüber denjenigen der vorgenannten elektromechanischen Ventile. Hieraus folgt, daß die elektromechanischen Ventile nur in den Fällen benutzt werden sollten, in denen keiner der Gas/Dampf-Erzeugungsprozesse geeignet ist, wenn es sich also um die Behandlung von Gasen oder Aerosolen handelt.

Gemäß weiterer Erfindung soll das Steuergas am Eingang desjenigen Verteikanals erzeugt werden, der als Nur-Steuerkanal bezeichnet wird, wenn er ausschließlich für Steuerzwecke vorgesehen ist und keine der in dem System behandelten Teilchen führt. Hierbei findet die Masse der Erzeugung des Steuermediums an der oben definierten optimalen Stelle statt, nämlich teilweise innerhalb der Leitung selbst und teilweise in dem Kanalverzweigungsbereich, um die Menge des während der Verteilphase zu schüttelnden Fluids auf ein Minimum zu beschränken und die Betriebsgeschwindigkeit entsprechend zu erhöhen.

Die Elektroden werden gegebenenfalls stabil in den Wänden des Kanalsystems an dem am besten geeigneten Platz angeordnet und aus einem sehr harten, wärme- und korrosionsbeständigen Material, wie Platin, Molybdän, Wolfram oder Tantal, hergestellt.

Für einen optimalen Verteil/Sortier-Prozeß sind nicht nur der Platz und die Dauer der Injektion des Steuermediums wichtig, sondern auch die Länge des entsprechenden Kanals. Diese soll einen solchen Wert haben, daß die während jeder Verteilphase injizierte oder erzeugte Steuersubstanz sich im Kanal in dessen voller Länge entwickeln kann, bevor ihr stromabseitiges Ende in den entsprechenden Pufferhohlräum eintritt. Es ist nämlich einfach zu sehen, daß eine solche unvollständige Entwicklung des Injektions/Erzeugungs-Prozesses eine

nachteilige Wirkung auf den Verschluß des entsprechenden Kanals und damit auf die ganze Verteilphase hat.

Wenn Gas oder Dampf als Steuermedium benutzt wird, soll das Vakuum am Ort der Injektion einen sehr hohen Wert besitzen. Aus diesem Grunde soll der hydrodynamische Widerstand des eingangsseitigen Transportkanals so hoch wie möglich sein, woraus folgt, daß die entsprechenden Leistungen den kleinst zulässigen Querschnitt und die maximal mögliche Länge haben sollen.

Wenn diese Leitungen bzw. Kanäle sehr lang sind, kann für ein zu sortierendes Teilchen, die Durchflußzeit so lang werden, daß das System zu langsam arbeitet. Aus ersichtlichen Gründen kann nämlich nur zugelassen werden, daß während der Bearbeitung jedes Teilchens nur ein einziges derselben zwischen dem Analysator und dem Kanalverzweigungsbereich strömt. Gemäß weiterer Erfindung wird daher vorgesehen, das Analyservolumen irgendwo längs der Transportleitung anzurufen, ohne zu nahe an den Kanalverzweigungsbereich zu kommen, damit gerade genug Zeit bleibt, die dünne, das Teilchen tragende, Strömung vollständig abzulenken, wenn das fragliche Teilchen in den Kanalverzweigungsbereich eintritt.

Es gibt wenigstens drei Gründe für ein maximales Systemvakuum:

(a) Je höher das Systemvakuum, um so größer ist die Kraft, die beim Aufteilen auf das zu teilende Fluid wirkt, woraus eine entsprechend hohe Betriebsgeschwindigkeit folgt; (b) je höher das Vakuum, um so größer wird (nach den Gasgesetzen) das während der Elektrolyse oder des Erwärmens entstehende Gasvolumen, und hieraus folgt auch, daß, wenn das Gas durch einen elektrischen Impuls erzeugt wird, die für ein bestimmtes Gas- oder Dampfvolumen erforderliche Energie bei hohem Systemvakuum ebenfalls kleiner ist. Aus den Gründen (a) und (b) folgt der dritte Grund (c): Wenn das Steuergas einen schädlichen Effekt auf die zu behandelnden Teilchen hat, übt natürlich gegebenenfalls die geringere Moltmenge des größeren Gasvolumens einen geringeren schädlichen Effekt auf diese Teilchen aus.

Ein solcher Kontakt von Steuermedium und abgeteilten Volumenelementen kann auch in den Pufferhohlräumen stattfinden, wenn nämlich das Steuergas nicht innerhalb einer sehr kurzen Zeit, die sich auf einen Bruchteil einer Millisekunde reduzieren kann, aus diesen Hohlräumen im oberen Teil des Hohlräums angeordnete spezielle Gasauslaßlöcher abfließt. Um an dieser Stelle einen nachteiligen Kontakt zwischen Steuergas und zu bearbeitenden Volumenelementen bzw. Teilchen auszuschließen, wird gemäß weiterer Erfindung das folgende Konstruktionsmerkmal vorgesehen: Obwohl die Länge der Steuerkanäle wenigstens so groß sein soll, daß diese Länge eine ungestörte Injektion oder Erzeugung des Steuergases erlaubt, sollen diese Kanäle jedoch auch nicht zu lang sein, um die Möglichkeit eines Kontakts zwischen den Teilchen und den Gasblasen auf ein vernachlässigbares Maß zu vermindern. Der Querschnitt dieser Kanäle soll sich jedoch vorteilhaft in Richtung auf deren Ausgang zu dem zugehörigen Pufferhohlräum erweitern, um eine einfache Abtrennung der Gasblasen von dem Elektrolyt und damit von den Teilchen etc. durch den Effekt des hydrostatischen Auftriebs zu erleichtern.

Wenn gemäß weiterer Erfindung eine Leitung nur als Steuerkanal verwendet wird, in welchem nur teilchenfreier Elektrolyt fließt, soll dieser Kanal lang genug sein,

um den oben angegebenen Erfordernissen zu entsprechen. In diesem Fall soll der Elektrolyt in einer solchen Weise aus dem Pufferhohlräum fließen, daß er nirgends das Abströmen des Steuergases blockiert. In diesem Fall wird der Pufferhohlräum daher vorzugsweise in seinem großen Teil ständig fluidfrei und immer (während des gesamten Betriebs des Systems) in Luftkontakt mit der Abfallflasche gehalten. Auf diese Weise wird ein kontinuierlicher Abfluß des Gases während des gesamten Betriebs sichergestellt.

Abhängig von der Art der Abfuhr des Steuergases werden für den Pufferhohlräum gemäß weiterer Erfindung zwei verschiedene Versionen vorgesehen. In der ersten Version fließt der Elektrolyt durch einen Auslaß am Boden des Hohlräums. Der Auslaß hat in diesem Fall einen so großen Durchmesser, daß sowohl der abgeteilte Elektrolyt als auch das Steuergas parallel zueinander immer nach unten fließen. Es wird also am Ausgang der ersten Version des Pufferhohlräums keine syphonartige Biegung in dem Rohr vorgesehen, das den Hohlräum mit der Abfall-Flasche verbindet. Die Abfall-Flasche wird an die System-Vakuum-Pumpe angeschlossen, die den Elektrolytstrom im ganzen System aufrechterhält.

In der vorgenannten zweiten Version wird das Gas sehr schnell von der schon behandelten Suspension getrennt und verläßt den Hohlräum durch ein spezielles Gasauslaßloch, welches im oberen Teil des Hohlräums angeordnet wird. In dieser zweiten Version nämlich wird das der Suspension zugeordnete Auslaßloch ebenfalls am Boden des Pufferhohlräums vorgesehen, es soll aber einen nur so kleinen Durchmesser haben, daß schon eine kleine Menge der behandelten Teilchen enthaltenden Suspension ständig im Hohlräum verbleibt und dadurch ein Abfließen des Gases nach unten blockieren würde. Das Gas wird daher durch die Wirkung des hydrodynamischen Auftriebs gedrängt, den Pufferhohlräum durch das in dessen Oberteil vorgesehene Auslaßloch zu verlassen. Natürlich werden beide Auslässe an das Vakuumsystem angeschlossen, und das Gasauslaßloch wird in direkter "Luft-Verbindung" mit einer Pufferflasche, die sich auf System-Vakuum befindet, gehalten.

Ersichtlich wird der erste Hohlräumtyp nur in den Fällen benutzt, in denen entweder keine gasempfindlichen Teilchen oder überhaupt keine Teilchen mit dem Elektrolyten ausfließen müssen. Das ist der Fall bei Verwendung des Kanals als Nur-Steuerkanal, der dann in allen Betriebsphasen überhaupt keine Teilchen trägt. Gemäß weiterer Erfindung wird durch die Verwendung solcher Nur-Steuerkanäle in Verbindung mit Nur-Verteilkanälen, in welche letztere überhaupt kein Steuergas gelangt, ein sehr sauberer Teilchensortierer erhalten, weil in einem solchen System die Teilchen sowohl vor als auch nach der Bearbeitung in reinem Elektrolyt verbleiben. Dieses System ist daher sehr vorteilhaft zum Sortieren von Teilchen, die — wie einige lebende Zellen — sehr empfindlich gegenüber vom Steuergas herrührenden Verunreinigungen sind.

Die zweite Version des Pufferhohlräums hat den Vorteil einfacherer Betriebserfordernisse, was sich in diesem Falle daraus ergibt, daß die Verbindungsleitungen einen kleineren Durchmesser als beim ersten Hohlräumtyp haben können. Obwohl die Möglichkeit einer sehr kurzen Kontaktzeit zwischen Steuergas und behandelten Teilchen nicht ausgeschlossen werden kann, ist diese Version trotzdem im allgemeinen günstig zum Sortieren von verunreinigungsempfindlichen Teilchen, z. B. einigen lebenden Zellen. Bei der zweiten Hoh-

raumversion kann nämlich der schädigende Effekt des Gases auf die Teilchen wegen der konstruktionsbedingt außerordentlich kurzen gegenseitigen Kontaktzeit von nur einem kleinen Bruchteil einer Millisekunde meist als vernachlässigbar angesehen werden. Eine Millisekunde ist in der Tat eine sehr kurze Zeit relativ zu den annähernd 2 Stunden, während der Krebszellen von Mäusen lebend in einem Elektrolyten gefunden wurden, der mit Nebenprodukten der normalen physiologischen Kochsalzlösung durch Elektrolyse verunreinigt war. Unabhängig davon jedoch, welche der beiden Typen von Pufferhöhlräumen benutzt wird, fließt jede Komponente des bearbeiteten Fluids durch dasselbe Multirohr-Ventil, welches nämlich für jede Komponente ein besonderes Rohr besitzt.

Während des tatsächlichen Betriebs fließt die Suspension behandelter Teilchen in den entsprechenden Filter/Auffang-Hohlraum. Dort wird die Masse des suspendierenden Elektrolyten von den behandelten Teilchen abgetrennt, wodurch eine angereicherte Endsuspension mit sehr hoher Dichte erhalten wird. Der hierzu passende Hohlraumtyp ist vorzugsweise ein etwa vertikaler Zylinder mit kreisförmigem Querschnitt, der in den Grundkörper der Vorrichtung gehobt wird. Das weiter unten beschriebene kapillare Filtersystem wird austauschbar in einen patronenartigen Behälter gesetzt, der vakuumdicht in den Hohlraum einzusetzen ist. Hierzu wird beispielsweise ein Bajonetthaltersystem verwendet. Diese Anordnung befindet sich bei Betrieb auf Systemvakuum, da in der entsprechenden Position des Zwei-Stellungs-Ventils die beiden Hohlräume durch Röhren mit passenden Größen von Querschnitt und Länge verbunden werden und da das Vakuum in dem Filter/Auffang-Hohlraum durch Anschließen der System-Vakuum-Pumpe über flexible Röhren an den Hohlraumausgang, der im oberen Teil des Hohlraums vorgesehen ist, angelegt wird. Ein anderer Hohlraumauslaß wird am Boden der Patrone vorgeschenkt und dient dazu, den ausgefilterten (Abfall-)Elektrolyten in einen Abfallbehälter, der sich ebenfalls auf System-Vakuum befindet, abzuleiten.

Ein erfindungsgemäß vorteilhaftes kapillares Filtersystem arbeitet auf folgende Weise: Wenn das schon behandelte Fluid bzw. die schon geteilte/sortierte Suspension gefiltert werden soll, um den größten Teil des suspendierenden Elektrolyts zu entfernen, tritt die aus dem entsprechenden Pufferhöhlraum kommende Suspension in den Filter/Auffang-Hohlraum durch eine Röhre passenden Durchmessers in Form einer Folge kleiner Tropfen von wenigen mm Durchmesser ein und fällt auf ein feines Membran-Filter. Die Öffnungen dieses Membran-Filters sollen etwas kleiner sein als die kleinste aus der Suspension auszufilternde Teilchengröße. Die auf dem Filter liegenbleibenden Teilchen werden dann durch die nachfolgenden Tropfen weggewaschen, so daß sich die Form eines Rings rund um einen kleinen Bereich, in den die Tropfen fallen, auf dem Membran-Filter bildet. Letztlich stellt sich auf diese Weise ein kraterartiger Wulst rund um den Punkt des Tropfenfalls ein. Der Durchmesser dieses Wulstes kann beschränkt werden durch einen Ring, z. B. mit der Form eines Traurings, mit vertikaler Innenwand.

Währenddessen wird die Masse des Elektrolyten mit Hilfe eines dickeren, weicheren Membran-Filters durch das feine Membran-Filter nach unten gezogen. Bei dem unteren Filter kann es sich um ein im Handel erhältliches Kaffee-Filter oder dergleichen mit ebenfalls einer ausreichend feinen Kapillarstruktur handeln, so daß auf

diese Weise der Elektrolyt weiter nach unten in ein drittes Kapillarsystem zu saugen ist. Das letzte Kapillarsystem kann beispielsweise aus einem Bündel vertikaler Glas- oder Kunststoffröhren bestehen, die einen Innen-durchmesser von etwa 1,0 mm besitzen und durch ein oder zwei Gummibänder zusammengehalten werden. Von hier fließt der verbrauchte Elektrolyt nach unten auf den Boden der Patrone und verläßt diese durch einen Auslaß, der über ein flexibles Rohr mit einer Abfall-Flasche verbunden werden kann. Nach Abschluß dieses Trenn- bzw. Anreicherungsvorgangs wird jede Patrone aus ihrem Hohlraum herausgezogen. Die Teilchen werden dann entweder von dem feinen Membran-Filter in eine andere Flüssigkeit beliebigen Volumens gewaschen, oder sie werden auf ein Mikroskop-Objektglas gestrichen und mit einem dünnen Mikroskop-Deckglas für die direkte Beobachtung unter dem Mikroskop überdeckt.

Ein großer Vorteil des bevorzugten Filter/Auffang-Hohlraums der soeben beschriebenen Art besteht darin, daß während des Betriebs des Systems die Dichte der bearbeiteten Suspension bis zu einem extrem hohen Grad vergrößert wird, so daß ein beträchtlicher Zeitaufwand, der bisher zur Kondensation durch Zentrifugieren der Suspension erforderlich war, eingespart wird. Weiterhin können Teilchen, z. B. Zellen in der Mitose-Phase, erfindungsgemäß ohne das Risiko sortiert werden, daß die Zellen durch rohe mechanische Behandlung zerstört würden. Eine solche rohe Behandlung würden die Teilchen beispielsweise in dem offenen Düsen-Sortiersystem erfahren, in welchem die Zellen in die offene Luft geblasen werden und dann auf der Oberfläche eines Fluids oder an der Wand eines Containers landen.

Wenn die Teilchen sehr klein sind, z. B. eine Größe von nur 1 µm haben, kann das feine Membran-Filter so kleine Öffnungen besitzen, daß der Elektrolyt nur mit einem stärkeren Vakumsystem – z. B. einer zusätzlich zur System-Vakuum-Pumpe verwendeten Hilfs-Vakuum-Pumpe – durch das Membran-Filter gesaugt werden kann. Im übrigen funktioniert das Filter/Auffang-System dann in derselben Weise wie oben angegeben. Es kann jedoch in diesem Fall vorteilhaft sein, das Feinfilter auf ein Sieb zu legen, welches selbst auf der Oberseite eines Zylinders angeordnet wird, an den die Hilfs-pumpe durch ein Rohr anzuschließen ist. Diese Pumpe soll immer eine größere Saugkraft als die System-Pumpe haben.

Alternativ – und wenn es bequemer ist – können das Multirohr-Zwei-Stellungs-Ventil und die Filter/Auffang-Höhlräume bzw. -Behälter von dem Hauptsystem getrennt werden und außerhalb desselben – auch von einander getrennt – angeordnet werden. Gegebenenfalls können alle Teile über flexible Schläuche miteinander verbunden werden. In diesem Fall werden die Filter/Auffang-Höhlräume als Filter/Auffang-Flaschen bezeichnet. Natürlich läßt eine solche Anordnung den Gebrauch größerer Flaschenvolumen zu, welche in einigen Fällen vorteilhaft sind, obwohl die prinzipielle Betriebsweise und die Effektivität dieser Filter/Auffang-Systeme gegenüber den vorbeschriebenen nicht geändert werden.

In dem kombinierten Fall, in dem sowohl Druck an die Eingänge des Systems als auch Vakuum an wenigstens einige der Auslässe angelegt wird, erfolgt das Steuern der Strömung vorzugsweise entsprechend den Bedingungen für die beiden Einzelfälle.

Folgende Konstruktionsmerkmale werden im Rahmen der Erfindung bevorzugt: Das Material des Sy-

stems soll so ausgewählt werden, daß es allen mechanischen, thermischen, elektrischen und optischen Anforderungen des jeweiligen Einzelfalls genügt. Es soll eine derartige Außenkonstruktion vorgesehen werden, daß eine einfache Befestigung der Vorrichtung am Rest des Apparates, in den das erfindungsgemäße System einzubauen ist, möglich wird. Die Geometrie der verschiedenen Hohlräume und Kanäle soll nicht die nur für die Funktion geeignete Form haben, sondern das ganze Strömungssystem soll auch leicht zu bedienen sein, was insbesondere bedeutet, daß jede Stelle des Systems durch ein Stereo-Mikroskop mit etwa 50facher Vergrößerung beobachtbar sein soll. Außerdem soll jeder Teil des Systems entweder durch einen flüssigen Reinigungsstrahl, z. B. Wasser, oder durch einen feinen Faden oder Draht erreichbar sein, um Fremdkörper aus jedem Teil der Vorrichtung entfernen zu können, ohne gezwungen zu sein, andere Teile des Systems, die normalerweise permanent befestigt sind, abzunehmen. Ein solches permanent befestigtes Teil ist das schon oben beschriebene dünne Glas, das die Kanäle überdeckt und in die Oberfläche des Systems eingelassen ist. Wenn nötig, werden spezielle Putzlöcher in das System gebohrt, um die Wartungsarbeiten zu erleichtern. Natürlich werden derartige Putzlöcher bei Betrieb des Systems vakuumdicht verschlossen. Die Verwendung eines Filters am Eingang jedes Einlasses des Systems verhindert die Möglichkeit des Eindringens solchen Fremdmaterials in das Strömungssystem. Um die Entwicklung von Bakterien und Algenkulturen in dem Strömungssystem zu verhindern, werden die Wände des Systems mit einem geeigneten, im Handel erhältlichen Epoxid bestrichen. Die Entwicklung solcher Kulturen wird auch unterdrückt, wenn das ganze Strömungssystem mit Alkohol oder mit einer Mischung von Alkohol und destilliertem Wasser – während Nichtgebrauchs – gefüllt gehalten wird.

Obwohl sich die Verteilerkanäle erfindungsgemäß in alle möglichen Richtungen verzweigen können, sollen sie sich bevorzugt nur mit einem kleinen Winkel relativ zueinander verzweigen, um ein schnelles Verteilen/Sortieren der Substanz oder der Teilchen durch Ablenkung nur um einen sehr kleinen Winkel zu erreichen. Wenn die genannten Kanäle getrennt sind in Nur-Verteilkanäle und Nur-Steuerkanäle werden die ersten gemäß weiterer Erfindung nahe aneinander und nahe zu dem mittleren Austrittskanal angeordnet, der dann ebenfalls ein Nur-Verteilkanal ist, während die Nur-Steuerkanäle den ersten Kanaltypen fächerartig umgeben und sich mit einem größeren Winkel als die Nur-Verteilkanäle relativ zueinander verzweigen. Auf diese Weise wird eine optimale Geometrie für beide Kanaltypen erreicht, wenn die Nur-Verteilkanäle sich mit einem kleinen Winkel verzweigen und daher nur eine Ablenkung der zu verteilenden Substanz um einen entsprechend kleinen Winkel verlangen, mit der Folge, daß die Vorrichtung entsprechend schnell zu betreiben ist. Ebenso vorteilhaft sind die größeren Verzweigungswinkel der Nur-Steuerkanäle, da sie eine entsprechend vergrößerte Ablenkleistung zur Folge haben und damit ebenfalls zur Beschleunigung der Betriebsgeschwindigkeit beitragen.

Wenn die Vorrichtung mit einem Objektiv mit sehr großem Öffnungswinkel kombiniert wird, das auch einen sehr kurzen Objektabstand besitzt, der etwa gleich der Brennweite ist, kann es wichtig sein, daß die Transportkanäle in die obere Fläche der Vorrichtung, vorzugsweise zusammen mit anderen Leitungen, Kanälen und Hohlräumen eingelassen bzw. eingraviert werden

und wenn das ganze Strömungssystem mit demselben dünnen Glas bedeckt wird. Dadurch wird dann das geforderte geschlossene bzw. hohlräumartige Strömungssystem erhalten. Für das genannte dünne Glas wird in den meisten Fällen vorzugsweise ein Mikroskop-Deckglas von etwa 100 µm Stärke verwendet. Wenn ein optisches System als Teilchenanalysator einzusetzen ist, werden die Wände der fraglichen Leitungen bzw. Kanäle vorzugsweise mit einem nichtreflektierenden und nichtfluoreszierenden schwarzen Stoff, wie Epoxid, bedeckt, um die Hintergrundbeleuchtung auf einen minimalen Wert zu reduzieren.

Eine erfindungsgemäß bevorzugte Vorrichtung nur für das Verteilen und/oder Sortieren reiner Fluide – also ohne Teilchensortierer – soll enthalten: eine passende Variante eines Verteiler/Sortier-Systems; mehrere an dessen Eingänge und Auslässe über flexible oder teilweise flexible Leitungen angeschlossene Behälter; wenigstens eine Pumpe, die vorher beschriebene Systempumpe, die einen Strom der Substanzen in dem System verursacht; und eine elektronische Einrichtung zum Überwachen und Steuern des Verteil/Sortier-Prozesses.

Aus der vorangehenden Beschreibung ergibt sich, daß eine Vorrichtung, die zum Sortieren individueller Teilchen in Abhängigkeit von deren physio-chemischen Eigenschaften geeignet ist, ebenso gut für einige Arten von Fluid- oder Gas-Verteilprozessen eingesetzt werden kann. Die Einsetzbarkeit hängt nur ab von der Konstruktion des speziellen Strömungssystems, und bei der Verteil-Betriebsweise muß lediglich das Programm der elektronischen Steuerung entsprechend modifiziert werden. Demgegenüber müssen oder können die für die Sortier-Betriebsweise gebrauchten Analysatoren abgeschaltet oder von dem elektronischen System abgekoppelt werden, weil die reine Verteilung immer in Abhängigkeit von einem vorgegebenen gespeicherten Programm, z. B. mit Hilfe eines Computers, erfolgt.

Wenn die erfindungsgemäß Apparatur dazu benutzt wird, einige Substanzen direkt in eine andere Substanz zu verteilen oder einzusortieren, wenn sie z. B. benutzt wird zum Injizieren von Flüssigkeiten und/oder Gasen in einen Verbrennungsmotor, wird die erfindungsgemäß Vorrichtung vorteilhaft in die durch den Injektionsprozeß zu steuernde Apparatur integriert, so daß mehrere oben genannte Teile nicht mehr nötig sein können. Zum Beispiel die Filter/Auffang-Hohlräume oder -Flaschen und sogar die Pufferhohlräume können von der erfindungsgemäßen Vorrichtung abgekoppelt werden, wenn andere Mittel in der gesteuerten Apparatur vorhanden sind, die die Funktion der abgekoppelten Mittel übernehmen. Das Multirohr-Zwei-Stellungs-Ventil soll jedoch aus ersichtlichen Gründen selbst in diesem Fall beibehalten werden, um unrichtig injizierte Substanzen in der Phase der Voreinstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung abzuleiten.

Anhand der schematischen Darstellung von Ausführungsbeispielen werden Einzelheiten der Erfindung erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 eine vergrößerte Draufsicht auf den Kanalverzweigungsbereich der Vorrichtung nach Fig. 1;

Fig. 3 eine Draufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit geänderter Elektrodengeometrie;

Fig. 4 eine Draufsicht auf ein drittes Ausführungsbeispiel der Vorrichtung mit nochmals geänderter Elektro-

dengeometrie; und

Fig. 5 eine Schnitzzeichnung einer Filter/Auffang-Flasche mit Kapillar-Filtersystem.

Das in Fig. 1 dargestellte Kanalsystem wird als "Rein-Elektrolyt-Vorrichtung" bezeichnet, da die darin zu behandelnden Teilchen oder Zellen während der gesamten Behandlungszeit in einem reinen Elektrolyt bleiben. Fig. 2 zeigt den etwa 10fach vergrößerten Kanalverzweigungsbereich des Kanalsystems von Fig. 1, der aus einem Transportkanal versorgt wird und von welchem verschiedene Ableitkanäle abzweigen. Der Transportkanal besteht nach Fig. 1 aus der Kombination eines Verbindungskanals 8 und eines Verzögerungskanals 11. Letztere werden durch eine Blende 9 voneinander getrennt.

Obwohl dieses Ausführungsbeispiel hauptsächlich vorgegeben ist zum reinen Aussortieren verunreinigungsempfindlicher Teilchen, z. B. lebender Zellen, aus einer Suspension, kann diese Konstruktion natürlich ebenso gut zum einfachen Verteilen von Elementen aus einem strömenden Fluid verwendet werden. Während das Aussortieren im ersten Fall abhängig von einer vorausgehenden Analyse der strömenden Suspension erfolgt, wird die Verteilung im anderen Fall nach Programm durch ein elektronisches System vorbestimmt und ausgeführt.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 und 2 wird für den Vakuumbetrieb mit Gas als Steuermedium beschrieben. Das System ist aber auch für eine Betriebsweise geeignet, bei der die Einlässe mit Druck beaufschlagt werden.

Der Grundkörper 1 der Vorrichtung nach Fig. 1 und 2 besitzt die Form eines flachen Zylinders mit konzentrischer Doppelwand. Dieser ist zusammengesetzt aus einer größeren und einer kleineren Zylinderscheibe 2 bzw. 3. Der Durchmesser der größeren Scheibe 2 kann zwar jeden gewünschten Wert haben, derjenige der kleineren Scheibe 3 soll jedoch etwa 18 mm betragen, damit dessen fein polierte Oberseite 4 mit einem im Handel erhältlichen Mikroskop-Deckglas desselben Durchmessers abzudecken ist. Dieses (nicht gezeichnete) Deckglas wird für den normalen Betrieb der Vorrichtung mit Hilfe eines nicht reflektierenden und nicht fluoreszierenden schwarzen Klebstoffs, wie Epoxid, fest auf die Oberseite 4 aufgeklebt, so daß es die Gesamtheit der oberen, offenen Flächen der verschiedenen, unten beschriebenen Kanäle und Hohlräume überdeckt und ein vollständig geschlossenes, höhlenartiges Durchflußsystem für die gesamte Vorrichtung erhalten wird. Die Wände der Kanäle und Hohlräume werden vorzugsweise in die Oberseite 4 des Grundkörpers 1 eingelassen bzw. eingraviert und ebenfalls mit dem schwarzen Klebstoff bestrichen, wenn der Grundkörper 1 nicht schon selbst aus einem Material solcher optischer Eigenschaften besteht. Schließlich soll der Grundkörper 1 aus einem elektrisch nicht leitenden Material hergestellt werden, wenn nicht die Bauteile, die elektrisch leitende Teile tragen, elektrisch isolierend sind.

In einer Düsenkammer 7a wird die Kombination einer sehr dünnen, von der Hülleströmung 6 eingeschlossenen Zentralströmung 5 erzeugt. Diese Konfiguration entsteht, wenn das Fluid der Zentralströmung 5 und mit dieser die zu behandelnden Teilchen durch die Düse 7b in die Düsenkammer 7a fließen und die Hülleströmung 6 als Flüssigkeitshülle unter der Saugwirkung einer an die Auslässe des Strömungssystems angeschlossenen Vakuumpumpe mitreißen.

Die Düsenkammer 7a soll vorzugsweise die Grund-

form haben, die in der US-Patentanmeldung Serial No. 5 98 151 vom 9. April 1984 beschrieben wird. Mit Hilfe der dort angegebenen Düsenkammer kann eine Strömungskombination der benötigten Art mit sehr hoher Zuverlässigkeit und Stabilität erzeugt werden. Eine Strömungskonfiguration dieser Qualität wird in der erfundungsgemäßen Vorrichtung bevorzugt, weil sie die Gesamtqualität des Verteil/Sortier-Betriebs begünstigt.

Die Strömungskombination 5 und 6 fließt durch den sich von dem Ausgang der Düsenkammer 7a zu der Blende 9 erstreckenden Verbindungskanal 8. Dort sollen sich die Hauptmittel für die Teilchenanalyse befinden. In diesem Volumenbereich soll auch die optische Achse eines UV-Mikroskopobjektivs angeordnet werden. Bei Ausbildung als Auflicht-Mikroskop beleuchtet dieses Objektiv nicht nur die jeweilig vorbeiströmende Zelle bzw. das Teilchen mit einem quasi ultravioletten Licht, sondern sammelt auch das Fluoreszenz-Licht, das durch das mit dem quasi ultravioletten Licht beleuchtete Teilchen emittiert wird. Auf diese Weise ist es möglich, das Teilchen zu analysieren und entsprechend nach einer seiner Eigenschaften, wie Volumen, DNA oder Protein-Gehalt, zu sortieren.

Wenn nun ein Teilchen mit einer oder mehreren speziellen Farbstoffen gefärbt wird, entspricht das von diesem Teilchen ausgesandte Fluoreszenzlicht der Größe der mit der Farbe behandelten Einheit. Das Fluoreszenzlicht wird durch das genannte UV-Objektiv auch gesammelt und im Mikroskopteil des Sortiergeräts mittels Photomultiplier in elektrische Impulse umgewandelt. Diese Impulse wiederum triggern die verschiedenen elektronischen Einrichtungen, von denen eine Gruppe das Sortiergerät in Betrieb setzt. Übrigens muß die optische Achse des UV-Objektivs mit der Mittelachse 10 des Grundkörpers 1 nicht zusammenfallen.

Nach Verlassen der Blende 9 passieren die Teilchen – noch innerhalb der Zentralströmung 5 – den Verzögerungskanal 11, der sich von der Blende 9 zum Eingang des Kanalverzweigungsbereichs 12 erstreckt. Letzterer wird definiert als das Volumen, das durch die Querschnitte von (im Ausführungsbeispiel) sechs dort endenden oder anfangenden Kanälen, den Boden des Kanalsystems und die untere Seite des Deckglasses begrenzt wird. Abhängig von den Sortierbedingungen setzen die Teilchen nach Durchquerung des Kanalverzweigungsbereichs 12 entweder ihren geraden Weg in einen mittleren Verteilerkanal 13 fort, wenn nämlich eine solche Strömungskonfiguration der stationären Strömung sowohl der Suspension als auch der Teilchen entspricht, oder sie werden durch den unten beschriebenen Ablenkprozeß in einen seitlichen Verteilkanal 14 oder 15 abgelenkt. Anschließend wird die Suspension entweder in einem innen angeordneten Filter-/Auffang-Hohlräum (nicht gezeichnet) oder in einer außen angeordneten Filter-Auffang-Flasche (Fig. 5) gefiltert.

Der zum ersten Mal im Zusammenhang mit dieser Erfindung erwähnte Verbindungskanal 8 ist ein sehr günstiges, neues Element, da durch diesen eine Länge von einigen mm aufweisenden Kanal der hydrodynamische Widerstand dieses Bereichs der Vorrichtung gemäß Ausführungsbeispiel auf ein Maximum erhöht wird. Dadurch wird es möglich, das Systemvakuum, das heißt, das durch die Saugwirkung einer Pumpe erzeugte Vakuum, ebenfalls auf einen maximalen Wert zu erhöhen, ohne zugleich den Suspensions- bzw. Elektrolytfluß durch das Strömungssystem unnötig zu vergrößern.

Das genannte erhöhte Vakuum liefert mehrere weitere sehr vorteilhafte Verbesserungen der erfundungsge-

mäßen Vorrichtung. Einer dieser Vorteile ergibt sich aus dem großen Gasvolumen, das bei umgebendem Unterdruck nach den Gasgesetzen aus derselben Mol-Menge Gas zu erzeugen ist. Dementsprechend kann die installierte Energie an den gaserzeugenden Elektrodenpaaren klein gehalten werden. Weiterhin wird an sich eine durch die erzeugten Gasmoleküle eventuell verursachte Verunreinigung der Suspension der Zahl der Moleküle entsprechend kleiner. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 wird dieser Vorteil allerdings kaum genutzt, da die Kanäle 16 und 17 reine Steuerkanäle und die Kanäle 13, 14, 15 reine Verteilkanäle bilden, so daß das Steuergas und die Suspension im wesentlichen getrennt bleiben. Schließlich wird bei verstärktem Vakuum auch die auf die abzulenkenden Teilchen enthaltenden Elektrolytelemente wirkende Ablenkungskraft vergrößert.

Durch Verwendung des Verzögerungskanals 11 wird eine Zeitverzögerung zwischen den Vorgängen der Teilchenanalyse und einer gegebenenfalls nachfolgenden Ablenkung desselben Teilchens in einen vorgewählten Nur-Verteilkanal geliefert. Diese Verzögerung ist erforderlich, um der Vorrichtung Zeit zu geben, die Zentralströmung 5 genau in dem Zeitpunkt in einen vorgewählten Nur-Verteilkanal 14, 15 zu lenken, in dem die Teilchen im Kanalverzweigungsbereich 12, das heißt am Ende des Verzögerungskanals 11, ankommen.

Die Strömung des Elektrolyts verläuft im Verzögerungskanal 11 rein axial. Das gilt auch dann, wenn die verschiedenen Verteilkanäle 14, 15 mit ziemlich großem Winkel gefächert von dem Kanalverzweigungsbereich 12 ausgehen. Diese Tatsache ergibt sich aus der Trägheit des Elektrolyts, die dieser hier in der geschlossenen Kammer ebenso wie im offenen Raum besitzt, und die am Ende jeder Röhre wirkt. Daher kann die Zentralströmung ihren gleichförmigen Querschnitt überall beibehalten, wo sie stationär im Strömungssystem der Vorrichtung fließt. Die Kanäle 13, 14 und 15 haben nach Fig. 1 und 2 ausschließlich Verteilaufgaben, da Steuerelektroden an keinem dieser Kanäle vorgesehen werden.

Es sei darauf hingewiesen, daß erfundungsgemäß durch die Ablenkung der Zentralströmung 5 eine asymmetrische Strömung in dem Kanalverzweigungsbereich 12 verursacht wird, durch die gegebenenfalls die Teilchen in einen der Nur-Verteilkanäle 14 oder 15 gedrängt werden. Weiterhin existiert diese Asymmetrie der Strömung nur so lange, wie einer der Nur-Ablenkanäle (Steuerkanäle) 16 oder 17 für den Eintritt von Elektrolytströmung gesperrt ist, das heißt, nur so lange, wie es für die Ablenkung eines Teilchens in einen der Nur-Verteilkanäle 15 bzw. 14 erforderlich ist.

Eine eine Ablenkung bedingende Sperrung des Steuernkanals wird durch Erzeugen einer Gasblase durch Elektrolyse in einem Steuerelektrodenpaar 19 bzw. 18 verursacht. Durch eine solche Gasblase wird der Druck im fraglichen Kanal erhöht, weil das erzeugte Gas das Vakuum schwächt. Alternativ zur Elektrolyse kann bei geeignet geformten Elektroden oder bei Beleuchtung des Volumens zwischen den Elektroden mit einem ausreichend starken Laserstrahl auch Dampf im selben Teil der Nur-Steuerkanäle erzeugt werden; durch die damit verbundene Druckerhöhung ist der Verteil/Sortier-Prozeß ebenfalls steuerbar.

Dieses Verfahren wird zusammen mit dem Kräfteispiel der Elektrolyt-Ablenkung im einzelnen in dieser Beschreibung erläutert, wobei die verschiedenen, sich erfundungsgemäß einstellenden Verbesserungen des Sortier-Wirkungsgrads in bezug auf den Sortierer nach

der US-PS 41 75 662 ebenfalls angegeben werden.

Eines von vielen bevorzugten, in Fig. 1 gezeigten, erfundungsgemäßen Merkmalen besteht darin, daß das Gas nur in den reinen Steuerkanälen 16 oder 17 erzeugt wird, in die die fraglichen Teilchen niemals strömen. Ein anderes erfundungsgemäßes Merkmal betrifft die reinen Verteilkanäle 13, 14 und 15, in die allein die Teilchen strömen, in denen aber Gas nicht erzeugt wird. In der erfundungsgemäßen Vorrichtung nach Fig. 1 und 2 verbleiben die Teilchen daher ständig, das heißt, während und nach der gesamten Behandlungszeit, im reinen Elektrolyt. Demgemäß wird diese erfundungsgemäße Vorrichtung als "Rein-Elektrolyt-Vorrichtung" bezeichnet.

Auf der anderen Seite verläßt der möglicherweise verunreinigte Elektrolyt, der in die Nur-Steuerkanäle 16 und 17 fließt, die Vorrichtung über entsprechende Hohlräume 20 bzw. 21. Das relativ erhebliche Volumen dieser zum größten Teil elektrolytfreien Hohlräume, das  $10^4$  mal größer als das zusammengefaßte Volumen aller Nur-Verteilkanäle und Nur-Steuerkanäle sowie des Kanalverzweigungsbereichs 12 sein kann, wird durch die Funktion der Hohlräume 20 und 21 gerechtfertigt. Letztere können ihre verschiedenen Pufferungsaufgaben, das heißt Kompensationsaufgaben, wie oben beschrieben wird, nämlich nur erfüllen, wenn ihr fluidfreies Volumen beträchtlich größer als die Summe der Volumina des verteilenden Strömungssystems ist.

Putzlöcher 25 und 26, die jeweils mit einem der Hohlräume 20, 21 verbunden sind, werden bei normalem Betrieb luftdicht verschlossen und nur geöffnet, wenn Schmutz aus dem Kanalverzweigungsbereich 12 oder dessen Nachbarschaft entfernt werden muß.

Die Verteilkanäle 13, 14 und 15 können in den Pufferhohlräumen 20, 21 ähnlichen Pufferhohlräumen 22, 23 und 24 münden, wenn hierzu eine Notwendigkeit besteht. Gegebenenfalls brauchen die Pufferhohlräume 22 bis 24 an den Enden der Verteilkanäle 13, 14 und 15 jeweils nicht sehr groß zu sein, da sie nur Elektrolyt-Schwankungen in den entsprechenden Verteilkanälen kompensieren sollen.

Die die Strömung betreffenden dynamischen Aspekte des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 werden unter Bezugnahme auf Fig. 2 erläutert. Fig. 2 zeigt den etwa zehnfach vergrößerten Teil von Fig. 1 mit dem Kanalverzweigungsbereich 12, ohne jedoch die Pufferhohlräume aus offensichtlich zeichnungstechnischen Gründen mit demselben Maßstab darzustellen; die Pufferhohlräume sind viel zu groß im Verhältnis zu den übrigen Teilen der Figur.

In Fig. 2 wird die Hüllströmung 6 von Fig. 1 in fünf Partialströmungen 6a bis 6e unterteilt dargestellt, um die Beschreibung der verschiedenen Prozesse zu erleichtern. Diese Partialströmungen werden zum Teil durch die beiden physikalisch realen Wände des Transportkanals, der aus der Kombination von Verbindungskanal 8 und Verzögerungskanal 11 besteht, und zum anderen Teil durch virtuelle Ebenen begrenzt. Die virtuellen Ebenen werden dabei als auf den gezeichneten Stromlinien 30a bis 30d in einer Richtung senkrecht zum Boden des Transportkanals, das heißt senkrecht zur Zeichnungsebene von Fig. 2, stehend gedacht.

Die äußeren Randströmungen 6a und 6b nach Fig. 2 fließen in den linken und rechten Nur-Steuerkanal 17 bzw. 16. Die Elektrolytmenge, die in diesen Randströmungen fließt, soll so groß wie möglich sein, weil durch diese beiden Strömungen die schon beschriebene Asymmetrie der Strömung im Kanalverzweigungsbereich 12

nach Fig. 1 und demgemäß die Ablenkung der Zentralströmung 5 und derjenigen der Teilchen in einen der Nur-Verteilkanäle 14 oder 15 zustandegebracht wird. Die mittleren Randströmungen 6c und 6d, die durch die längs der Stromlinien 30a und 30c bzw. 30b und 30d, angeordneten vertikalen Ebene begrenzt werden, fließen in die seitlichen Ausgänge mit den Nur-Verteilkanälen 15 und 14, wobei diese Strömungen 6c und 6d zunächst gegen die leicht geneigten Enden des Trennwandpaars 33 stoßen und dadurch in die genannten Kanäle abgelenkt werden. Diesen mittleren Randströmungen 6c und 6d wird die Aufgabe zugeordnet, die sortierten Teilchen in eine vorbestimmte Filter/Auffang-Flasche oder dergleichen zu spülen, die außerhalb der Vorrichtung angeordnet und daher in Fig. 2 nicht gezeichnet ist. Da diese beiden mittleren Randströmungen 6c und 6d die Ablenkung der Zentralströmung 5 nicht verstärken, soll der Betrag an Elektrolyt, der in diesen Strömungen fließt, so klein wie möglich gehalten werden.

Im Gegensatz zu den insoweit entsprechend Fig. 2 beschriebenen Teilströmen der Hülleströmung 6 von Fig. 1 ist die mittlere Partial-Hülleströmung 6e die einzige wirklich einhüllende Strömung, da nur sie die Zentralströmung 5 unmittelbar umgibt, da der Transportkanal eher breiter als tief ist. Diese beiden Strömungen treten bei stationärer Strömung in den mittleren Nur-Verteilkanal 13 ein, oder sie werden in einen der Nur-Verteilkanäle 14, 15 abgelenkt, wenn die Teilchen in einem dieser Kanäle sortiert werden sollen. Da es nur zwei Nur-Verteilkanäle gibt, ist es nur möglich, diese beiden Kanäle auszuwählen. Daraus folgt, daß nach Fig. 1 und 2 nur zwei Populationen von Teilchen aus ihrer Suspension aussortiert werden können, ein verbleibender dritter Teil der Population wird als Residuum bezeichnet.

Der Ablenkprozeß, das heißt die Ablenkung der Zentralströmung 5 und damit diejenige der Teilchen, in den linken Nur-Verteilkanal 15, der sich in dem linken Auslaßhohlraum (Pufferhohlraum) 24 fortsetzt, vollzieht sich im einzelnen wie folgt: Da die Vorrichtung gemäß Fig. 1 und 2 zum Saugtyp gehört, wird die Elektrolytströmung durch die Gaserzeugung mittels Elektrolyse oder durch einen anderen geeigneten Dampferzeugungsprozeß (wie weiter unten angegeben wird) gesteuert. Es ist bekannt, daß Gas mit Hilfe eines gesteuerten elektrischen Stromimpulses durch einen zwischen dem Elektrodenpaar 18 fließenden Elektrolyten erzeugt werden kann. Die entsprechenden Elektroden können in die vertikalen Wände des rechten Nur-Steuerkanals 16 eingebettet werden.

Wenn die Geschwindigkeit der Gas-Volumen-Erzeugung an dem Elektrodenpaar 18, die nicht mit der in Mol gemessenen Gas-Molekül-Erzeugung gleich ist, nicht kleiner ist als die Geschwindigkeit der Elektrolytströmung in dem rechten Nur-Steuerkanal 16 bzw. in dessen unterer Teil 27, ist weiterhin leicht zu sehen, daß der Elektrolyt ungestört in Strömungsrichtung der Gasblasen zum Pufferhohlraum 20 fließt, da das erzeugte Gas das von dem Elektrolyten nicht eingenommene Volumen mit derselben Geschwindigkeit auffüllt, wie der Elektrolyt ausströmt. Dies ist natürlich möglich, weil während dieses Prozesses der Druck zwischen dem Elektrodenpaar auf einen solchen Wert und für so lange Zeit vergrößert wurde, daß während dieser Zeit keine weitere Elektrolytströmung in diesen Nur-Steuerkanal möglich war.

Das Vorstehende entspricht der Erfindung, die besagt, daß während einer Gasproduktion der Druck er-

höht wird, das heißt, das Vakuum so weit vermindert wird, daß kein Elektrolyt in diesen Kanal eintreten kann. Hieraus folgt also, daß während einer Gasproduktion auf den Elektrolyten kein Sog am Stromauf-Ende des Elektrodenpaares 18, das heißt am Kanal 16, ausgeübt wird. Mit anderen Worten, bei der genannten Geschwindigkeit der Gaserzeugung zwischen diesem Elektrodenpaar wird der rechte Nur-Steuerkanal 16 durch das Gas oder den Dampf derart überströmt, daß das am Stromab-Ende des Kanals 16, das heißt an dessen Bereich 27, erzeugte konstante Vakuum ausschließlich die erzeugte Gasblase und den Elektrolyten in Richtung auf den rechten Pufferhohlraum 20 ansaugt. Es bleibt daher keine Saugwirkung übrig, um die äußere rechte Randströmung 6b in den Nur-Steuerkanal 16 abzulenken.

Im Ergebnis wird die symmetrische Strömung, die im Transportkanal im stationären Zustand existiert, zerstört. Der sonst energiereiche rechte Nur-Steuerkanal 16 ist nämlich gesperrt. Die Folge dieser Sperrung ist es, daß der linke Nur-Steuerkanal 17 und der linke Nur-Verteilkanal 15 mehr Elektrolyt als bei stationärer Strömung saugen, weil die von ihnen ausgehenden Saugkräfte jetzt nicht mehr durch den rechten Nur-Steuerkanal 16 kompensiert werden.

Das Ergebnis der Ablenkung ist, daß die äußere rechte Randströmung 6b nun teilweise in den rechten Nur-Verteilkanal 14 und teilweise auch in den mittleren Nur-Verteilkanal 13 fließt. Außerdem fließt der ebenfalls abgelenkte rechte mittlere Teilstrom 6d in den mittleren Nur-Verteilkanal 13 und weiter in den mittleren Auslaßhohlraum 23. Die mittlere Partialhülleströmung 6e fließt zusammen mit der Zentralströmung 5 in den linken Nur-Verteilkanal 15 und damit in den zugehörigen Auslaßhohlraum 24, wenn die abgelenkte Elektrolytmenge der äußeren rechten Randströmung 6b groß genug ist. Folglich stellt sich eine Überschußströmung des Elektrolyts sowohl in der mittleren Seitenströmung 6c als auch in der äußeren linken Randströmung 6a ein.

In dieser Phase des Ablenkprozesses nimmt die Zentralströmung 5 ihre "nach links abgelenkte" Form ein, die durch die Kurve 31 beschrieben wird. Wenn nun ein Teilchen nahe dem Stromauf-Ende der Nur-Steuerkanäle 16 und 17 angeordnet gedacht wird, insbesondere in der Position 32a, und wenn die Ablenkezeit der Zentralströmung lang genug ist, tritt dieses Teilchen in den linken Nur-Verteilkanal 15 ein, wie durch den Punkt 32b in Fig. 2 angedeutet wird.

Die Rückkehr zu der stationären Strömung beginnt mit Nachlassen der Gaserzeugung des rechten Elektrodenpaares 18 in dem Nur-Steuerkanal 16, das heißt zeitlich gesprochen am Ende des entsprechenden elektrischen Impulses. Daraufhin verschwindet die vorher erzeugte Gasblase aus dem Kanal 16 in den rechten Pufferhohlraum 20, beginnt der Elektrolyt wieder, in dem Kanal 16 zu fließen, und der stationäre Zustand mit Drucksymmetrie stellt sich in allen Teilströmungen, insbesondere auch in der äußeren rechten Randströmung 6b, wieder ein. Währenddessen wird das Aussortieren des Teilchens 32a in dem linken Nur-Verteilkanal 15 vervollständigt. Das Teilchen verläßt die Vorrichtung durch den linken Auslaßhohlraum 24.

Es ist leicht zu sehen, daß das Aussortieren eines Teilchens in den rechten Nur-Verteilkanal 14 in ähnlicher Weise erfolgt, wenn eine Gasblase in dem linken Nur-Steuerkanal 17 in dem Elektrodenpaar 19 erzeugt wird. In diesem Fall verlassen die Teilchen die Vorrichtung nach Ablenkung in den rechten Nur-Verteilkanal 14 durch den rechten Auslaßhohlraum 22 und treten in die

entsprechende Filter/Auffang-Flasche (nicht gezeichnet) ein.

Das Verfahren zum Verteilen und damit das Verfahren zum Sortieren der Teilchen besteht offenbar aus einer Reihe von partiellen dynamischen Prozessen, die sich wiederum aus einer Reihe von unregelmäßig folgenden Beschleunigungen und Abstößungen von Fluidsubstanzen in den verschiedenen Kanälen und in dem Kanalverzweigungsbereich 12 zusammensetzen; unregelmäßig deshalb, weil die zu sortierenden Teilchen einander in zufälliger Weise folgen. Für einen Hochgeschwindigkeitsbetrieb der Vorrichtung soll daher das in diesem Verfahren infrage kommende Kraft/Masse-Verhältnis so groß wie möglich gemacht werden. Außerdem soll im vorliegenden Fall die Saugwirkung, das heißt das auf das Strömungssystem wirkende Vakuum während des gesamten Betriebs des Systems unabhängig davon, welcher Typ in der Verteilphase vorgesehen ist, so hoch und konstant wie möglich gehalten werden.

Weiterhin soll die Schwingungsamplitude des Elektrolyts so klein wie möglich sein, und außerdem soll die Ablenkung der Teilchen in einen der seitlichen Nur-Verteilkanäle 14 oder 15 beim kleinsten vorbestimmten Ablenkinkel relativ zur stationären Strömungslinie erfolgen. Aus dem Vorstehenden folgt offensichtlich, daß diese Kanäle in der oberen Fläche der Vorrichtung 4 von Fig. 1 mit dem kleinstmöglichen Winkel — gemessen gegenüber der stationären Strömungslinie — hergestellt werden müssen.

Um weiterhin den Elektrolyt-Durchlaß auf einem niedrigen Wert trotz des hohen an das System angelegten Vakuums zu halten, das heißt bei einer Geschwindigkeit von etwa 10 m/sec, sollen der Verbindungskanal 8 von Fig. 1 so lang und sein Querschnitt so klein wie möglich gemacht werden, um den hydrodynamischen Widerstand dieses Kanals auf einen für eine bestimmte Vorrichtung maximalen Wert anzuheben. Hiernach wird eine im Sinne der Lösung der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe optimale Kraft auf den stark asymmetrisch fließenden Elektrolyten ausgeübt, wenn einer der Nur-Steuerkanäle, das heißt entweder der Kanal 16 oder der Kanal 17, durch dortige Gaserzeugung gesperrt wird, um den Elektrolyten in der oben beschriebenen Weise mechanisch abzulenken.

Weiterhin wird die Absaugstabilität durch die Verwendung der Pufferhohlräume erreicht. Es geht hierbei um die großen Hohlräume 20 und 21, die in den Grundkörper 1 der Vorrichtung quasi senkrecht in die Oberseite 4 gemäß Fig. 1 und 2 gebohrt werden. Der größte Teil des Volumens der Pufferhohlräume 20 und 21 wird elektrolytfrei gehalten, damit die Hohlräume 20, 21 ihre Stabilisierungsaufgabe erfüllen können. Ihre Auslaßlöcher werden über flexible (nicht gezeichnete) Röhren mit einer Abfallflasche sehr großen Volumens derart verbunden, daß sowohl der Elektrolyt als auch das erzeugte Gas parallel zueinander, ohne sich gegenseitig zu blockieren, in die Flasche fließen können.

Die Auslaßhohlräume der Nur-Verteilkanäle 13, 14 und 15 werden vorzugsweise über flexible Röhren mit Filter/Auffang-Flaschen sehr großen Volumens verbunden. In letzteren wird die aussortierte/abgeteilte Suspension nach Durchfluß durch ein Mehrrohren-Zwei-Stellungs-Ventil, bei dem es sich im vorliegenden Fall um ein Drillingsrohr-Ventil handelt, gefiltert.

Die Filter/Auffang-Flaschen, die im einzelnen weiter unten beschrieben werden, stehen unter demselben Vakuum wie die Pufferhohlräume und werden unter der Vorrichtung derart angeordnet, daß die fragliche, gege-

benenfalls bereits mit Teilchen angereichert aus den Pufferhohlräumen ausfließende Suspension nicht nur unter der Wirkung des Vakuums sondern auch unter der Wirkung der Schwerkraft, im vorliegenden Fall eine beträchtlich große Kraft, abfließt. Natürlich gilt das gleiche für den Fluid-Abfluß aus den Pufferhohlräumen, die an das Ende jedes der Nur-Steuerkanäle 16 und 17 angeschlossen werden. Während übrigens für diese letzteren Kanäle Pufferhohlräume erforderlich sind, um die Vakuum- sowie die Einströmschwingungen zu kompensieren und um die letzteren Schwankungen von der großen Masse des langsam fließenden, schon behandelten Elektrolyts in den anschließenden Rohren abzukoppeln, sind solche Pufferhohlräume für die Nur-Verteilkanäle 13, 14 und 15 nur erforderlich, wenn die Elektrolytschwankungen in diesen Kanälen viel zu groß sind, so daß die Betriebsgeschwindigkeit der Vorrichtung ohne solche Hohlräume vermindert werden würde.

Eine zusätzliche Kompensation von Suspensionschwankungen in den Nur-Verteilkanälen wird durch kleine Querkanäle 34 erhalten, wenn diese so positioniert werden, daß sie eine geringe Kommunikation des Fluids zwischen den Seitenkanälen 14, 15 mit dem mittleren Auslaßkanal 13 erlauben, ohne die aussortierten Teilchen irrtümlich in diesen letzteren Kanal fließen zu lassen. Bei kleineren Elektrolyt-Schwankungen können diese Kompensations-Kanäle 34 ausreichend sein.

Die Pufferhohlräume sind daher sehr vorteilhafte Elemente der neuen Vorrichtung und damit der Erfindung. Auf ihr Erfordernis kam der Erfinder nach der Analyse der Leistung früherer Sortierer, die entsprechend der Lehre der US-PS 41 75 662 — natürlich ohne die Hohlräume — konstruiert waren. In kürzlich ausgeführten Experimenten wurde beobachtet, daß bei Erzeugung von Gasbläschen nur in einem der Seitenkanäle mit Hilfe eines Impulsgenerators die Zentralströmung in einer dichten Suspension von gefärbten Maus-Tymus-Zellen (mouse tymus cells) von etwa 5  $\mu$  Durchmesser sichtbar und damit unterscheidbar von der Hüllströmung gemacht werden kann. Die Strömung zeigte eine statioäre Ablenkung weg von der Kanalseite, auf der die Gasbläschen erzeugt waren. Diese Beobachtung beweist klar, daß ohne die Vakuum-Kompensationswirkung der Pufferhohlräume das Vakuum bei zunehmender Gasblasenproduktion in den Steuerkanälen, das heißt in den Kanälen, wo das Gas erzeugt wird, abnimmt. Dieser Effekt ist daher eine der Rechtfertigungen für die erfindungsgemäß bevorzugte Verwendung der unten genannten Pufferhohlräume.

Eine hohe Zellen-Sortierqualität war jedoch auch in älteren Vorrichtungen möglich, wenn die Zahl der zu sortierenden Zellen in beiden Populationen etwa gleich war. Beim asymmetrischen Sortieren, das heißt bei sich stark unterscheidenden Zellen-Besetzungen, war jedoch nur das Zählergebnis der größeren Zellzahl befriedigend. Dieses nur partiell erfolgreiche Sortieren kann dadurch erklärt werden, daß als Folge des Aufbaus der Vorrichtung die relativ kleine Gasmenge, die durch einen auf sie wirkenden hydrostatischen Auftrieb zum Verbleib am Kanalende — (wo der Kanal in einen quasi vertikalen Hohlraum übergeht) — gebracht wurde, die Vakuumsschwankung nicht vollständig stabilisieren konnte. Als eine Folge davon entwickelte sich eine mittlere Ablenkung der Zentralströmung, die ein sauberes Aussortieren der in größerer Zahl vorliegenden Zellen begünstigte, aber die Zellen der anderen Komponente längs der Wand am Eingang des entsprechenden Verteilkanals vorbeigleiten ließ. Die Ablenkung der Zellen

der schwächer besetzten Komponente war also Zellen nicht groß genug, um sie daran zu hindern, an der Wand zu schleifen. Als Konsequenz wurden die meisten der letzteren Zellen zerstört oder nur in Form von Trümmern wiedergefunden.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, daß die Pufferanordnungen auch in anderen Zweigen moderner Technik angewendet werden. Zum Beispiel die Speicherelemente an der Grenzschicht zwischen der Zentraleinheit eines Computers und dem angeschlossenen Peripheriegerät, beispielsweise eine Tastatur oder ein Bildschirm funktionieren in derselben Weise, indem sie einen schnellen Betrieb der extrem schnellen Zentraleinheit anstelle der zitierten, langsam arbeitenden Peripheriegeräte erlauben. Aus der oben genannten Beschreibung ergibt sich auch, daß zum schnellen und zuverlässigen Sortieren die Verwendung der Pufferhohlräume von größtem Vorteil ist sowohl für das Stabilisieren des Vakuums als auch für das Entkoppeln der sehr schnell schwankenden bzw. schwingenden Suspension, die in die Verteilkänele aus der sehr langsam fließenden Strömung verteilt werden soll, von der großen Menge behandelter Substanz in den Verbindungsrohren.

Die Tatsache, daß in diesen Hohlräumen das Gas auch von der Suspension getrennt wird, als Ergebnis des bekannten hydrostatischen Auftriebs, führt noch zu einer dritten Anwendung dieser Hohlräume: Dieser dritte Typ von Hohlräumen wird jedoch nur in solchen Vorrichtungen eingesetzt, in denen der Steuer- und Verteilvorgang im selben Kanal bzw. in derselben Leitung, stattfindet.

Da die während der Verteilphase erschütterte Masse der Suspension bevorzugt minimal bleiben soll, ist es günstig, den Querschnitt der verschiedenen Kanäle des Verteilbereichs so klein wie möglich zu machen. Der Transportkanal, der aus dem Verbindungskanal 8 und dem Verzögerungskanal 11 zusammengesetzt ist, soll daher eher breit als tief sein, wenn eine große Ablenkung der Zentralströmung 5 nur in der horizontalen Ebene zu bewirken ist. Außerdem soll diese Kanalkombination so lang wie möglich sein. Die Breite und Tiefe des Kanals sind jedoch auch durch den Typ des UV-Objektivs begrenzt, welches für die meisten optischen Untersuchungen von Teilchen benutzt und an einem auch als Blende 9, bezeichneten Beobachtungspunkt angeordnet wird. Dort soll es möglich sein, die innerhalb der Zentralströmung 5 fließenden Teilchen ohne irgendein optisches Hindernis, etwa eine vertikale Kanalwand, zu "sehen".

Intermittierende Bewegungen jedes Betrages der Suspension — abgesehen von den abzulenkenden Teilchen — sollen in diesem Sinne erfundengemäß ebenfalls auf einen minimalen Betrag beschränkt werden, da das Vor- und Zurück-Schütteln des Elektrolytmasse in sich schließt. Das ist jedoch ein zeitraubender Prozeß, der eine Verminderung der Arbeitsgeschwindigkeit der erfundengemäß Vorrichtung zur Folge haben kann.

Nach Vorstehendem kann es günstig sein, wenn die Elektrodenpaare der Nur-Steuerkanäle 16 und 17 so nahe wie möglich am Eingang dieser Kanäle beginnen. Dabei soll aber vermieden werden, daß das Steuergas in die Kanäle überströmt, die stromabwärts des Eingangs dieser Nur-Steuerkanäle liegen. Ein solches Überspülen des Gases kann nämlich eine unerwünschte Verunreinigung der ursprünglich reinen Elektrolytströmung im Verzögerungskanal zur Folge haben. Diese Reinhaltung

des Elektrolyts ist aber gerade ein Grundmerkmal des erfundengemäß Typs der Sortier/Verteil-Vorrichtung. Wie bereits früher erläutert wurde, muß die Länge der Nur-Steuerkanäle wenigstens so groß sein, daß das Steuermedium, in diesem Fall ein Gas, sich im Kanal entwickeln kann, ohne in den entsprechenden Pufferhohlräum zu fließen. Andernfalls können die Gasentwicklung und folglich der Ablenkprozeß gestört werden.

Der Ablenkwinkel der Zentralströmung 5 relativ zur Richtung des stationären Strömungszustands soll ebenfalls so klein wie möglich sein, um eine kurze Ablenzeit und folglich eine hohe Betriebsgeschwindigkeit der Vorrichtung zu erhalten. Dieser Winkel wird vorzugsweise im wesentlichen durch Verminderung der Dicke der Trennwände 33 an der Grenze zum mittleren Nur-Ventikanal 13 verkleinert. Unter Verwendung von Materialien wie Mylar, kann die Wandstärke in diesem Bereich auf etwa 10 bis 20 µm reduziert werden, wodurch der Ablenkwinkel der Zentralströmung 5 auf etwa 30° oder sogar noch weniger herabzusetzen ist. Das ist auf jeden Fall eine beträchtliche Verbesserung gegenüber ca. 70° Winkeln früherer Sortierzvorrichtungen.

Im allgemeinen soll der Grundkörper 1 der erfundengemäß Vorrichtung eben gemacht werden, und seine Durchmesser sollen so klein wie möglich sein, derart, daß die verschiedenen Einlaß- und Auslaßkanäle oder -hohlräume und die Putzlöcher 24, 25 kurz gemacht werden können. Die Auslaßhohlräume bzw. -löcher 22, 23 und 24 werden mit einem kleinen streifenden Winkel, etwa 30°, relativ zur Oberseite 4 der Vorrichtung in den Grundkörper 1 gebohrt, derart, daß die Löcher 22, 23, 24 die entsprechenden Nur-Ventikanäle 14, 13 und 15 glatt stoßen und daß durch diese Löcher der Kanalverzweigungsbereich 12 leicht mit einem dünnen, flexiblen Faden oder Metalldraht erreicht werden kann. Dadurch soll es ermöglicht werden, diesen Teil des Strömungssystems ohne ein Abnehmen des das gesamte Strömungssystem überdeckenden Deckglases, welches in die Oberseite 4 der Vorrichtung eingefügt ist, zu reinigen. Dieser einfache Weg zum Reinigen der Kanäle stellt in der Tat einen großen Vorteil der neuen Vorrichtung dar, weil das Entfernen und nachfolgende Wiederbefestigen dieses Glases eine ziemlich langwierige Arbeit ist, die eine beträchtliche Konzentration beim Wiederaufsetzen erfordert.

Wenn ein optischer Teilchenanalysator benutzt werden soll, wird die Vorrichtung entweder aus nicht reflektierendem und nicht fluoreszierendem Material hergestellt, oder alle Kanäle werden mit einer dünnen Lage solchen Materials bedeckt, um eine unerwünschte Hintergrundbeleuchtung auf einen sehr geringen Wert zu beschränken. Bevorzugt wird sogar das Deckglas aus denselben Gründen mit einem solchen Material auf die Oberseite 4 geklebt. Der Grundkörper der erfundengemäß Vorrichtung soll ferner aus einem elektrisch nicht leitenden Material hergestellt werden, da elektrische Drähte in ihn eingebettet werden, an denen oft Spannungen von mehreren 100 V liegen.

Alternativ kann die Vorrichtung gemäß Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 und 2 anstelle mit Vakuum mit Überdruck betrieben werden. Bevorzugt werden gegebenenfalls Drücke von mehr als Atmosphärendruck an die mit den Einlässen verbundenen Behältern angelegt. In diesem Fall soll jedoch das Steuermedium, ein Fluid oder Gas, durch die Pufferhohlräume 20 und 21 an die Nur-Steuerkanäle 16 oder 17 herangebracht werden. Der Durchmesser bzw. das Volumen der Pufferhohlräu-

me 20, 21 soll dann viel kleiner sein, da bei dieser Betriebsweise keine Pufferung in den Hohlräumen stattfindet. Die Pufferhohlräume jedoch können in den Nur-Verteilkanälen 13, 14 oder 15 erforderlich sein, wenn sie überhaupt gebraucht werden. Die kleinen verbindenden Querkanäle 34 sind bei dieser Anwendung bestimmt nützlich.

Die Fig. 3 und 4 zeigen zwei andere nützliche Anordnungen der Steuerelektroden. Diese werden im Grundkörper vorzugsweise derart eingebettet, daß das Steuermedium bzw. -gas teilweise innerhalb und teilweise unmittelbar benachbart dem Kanalverzweigungsbereich erzeugt wird. Letzterer wird nach Fig. 3 und 4 begrenzt durch die Anstoßstellen von Transportkanal 8 und den drei Verteil/Steuerkanälen 13, 14 und 15. Die Kanäle 13 bis 15 werden jetzt als "Verteil/Steuer-Kanäle" bezeichnet, weil sie beide Betriebsweisen — nämlich sowohl das Steuern als auch Verteilen bzw. Ableiten — ausführen. Das Deckglas wird in den Fig. 3 und 4 zur Vereinfachung der Zeichnung nicht dargestellt.

Diese Art der Elektroden-Anordnung ist optimal für den Betrieb von Gerätetypen, bei denen die Auslaßkanäle sowohl die Steueraufgaben als auch die Verteilaufgaben gemäß Ausführungsbeispiel übernehmen. Demgemäß wird die Zentralströmung 5 in Bezug auf ihre stationäre Strömungslinie 40 durch die Erzeugung von Gas zwischen dem Elektrodenpaar 41a und 41b nach links abgelenkt, wenn ein durch gestrichelte Linien angedeutetes elektrisches Feld und der begleitende elektrische Strom zwischen den Elektroden aufgebaut wird. In entsprechender Weise wird die Zentralströmung nach rechts abgelenkt, wenn das elektrische Feld 43 zwischen den Elektroden 45a, 45b erzeugt wird.

Aus Fig. 3 ergibt sich klar, daß die aktive Oberfläche der Elektroden 41a und 45b im wesentlichen aus deren Spitzen besteht, mit denen die Elektroden einen Teil der Wände des Transportkanals 8 bilden. Andererseits werden die aktiven Oberflächen der Elektroden 41b und 45b, das sind die schraffierten Teile in der Zeichnung, durch einen Teil des Bodens der Verteilkanäle 14 und 15 am Kanalverzweigungsbereich gebildet. Die Gaserzeugung findet daher außervertikal, teilweise innerhalb des Kanalverzweigungsbereichs und teilweise innerhalb der Kanäle statt. Da die aktiven Flächen der Elektroden 41a und 45a zugespitzt ausgebildet werden können, läßt sich dieser Elektrodenaufbau auch leicht zur Erzeugung gut kontrollierbarer elektrischer Bögen anwenden, die bereits als Mittel zum Erzeugen des Steuermediums, das heißt hier des Steuer-Dampfs, angegeben worden sind.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 werden die Steuerelektroden 46a und 46b so konstruiert, daß sie näher aneinanderliegen und größere parallele Oberflächen besitzen als diejenigen nach Fig. 3, so daß zwischen diesen Elektroden eine größere Gas- oder Dampfmenge als nach Fig. 3 erzeugt werden kann. Die Konstruktionsbedingungen sind hier jedoch etwas schwieriger, da die stromabwärts liegende Elektrode 46b einen Teil der Kalttrennwand 48a bildet. Die Elektrode 46b muß daher derart geschnitten werden, daß sie den Verteilerkanal 15 nicht versperrt. Das bedeutet, daß der aktive Teil der Elektrode 46b mit dem Hauptverbindungsdräht 46c durch einen Teil der Elektrode selbst, der tiefer als der Boden des Kanals 15 liegt, zu verbinden ist. Obgleich die Konstruktion einer solchen Elektrodengeometrie nicht übermäßig schwierig ist, erfordert sie jedoch zusätzliche Arbeit relativ zur Konstruktion nach Fig. 3. Die rechte Seite des Strömungssystems und alle zugehörigen Ge- sichtspunkte entsprechen denjenigen der linken Seite.

Das Erzeugen eines elektrischen Bogens ist auch hier einfach, da die Elektroden 46a und 47a eine ihren jeweiligen Gegenelektroden zugewandte scharfe Kante besitzen, die das Erzeugen eines solchen elektrischen Phänomens erleichtern.

Fig. 5 zeigt einen vertikalen Schnitt durch die Filter/Auffang-Flasche, die vorher als eine Alternative zu dem Filter/Auffang-Hohlräum beschrieben worden ist. Letzterer kann übrigens im wesentlichen dieselbe innere Struktur wie die Flasche nach Fig. 5 besitzen. Beide Geräte dienen dazu, bereits aussortierte bzw. im Elektrolyten angereicherte Teilchen, wie Zellen, Chromosomen usw., von der Masse des sie suspendierenden Elektrolyts zu trennen. Dabei wird eine fast beliebig dicke, angereicherte Suspension erhalten, da dieser sanfte Filterprozeß fast den gesamten Elektrolyten von den Teilchen abtrennt.

Die Filter/Auffang-Flasche arbeitet wie folgt: Ein Zuflußrohr 50 der Flasche wird mit Hilfe eines flexiblen Schlauchs über ein Mehrrohr-Zwei-Stellungs-Ventil, bei dem es sich im vorliegenden Fall um ein Drillingsrohr-Ventil mit einem Rohr für jeden Geräteauslaß handelt, mit den entsprechenden Auslaß-Hohlräumen der Verteil/Sortier-Vorrichtung verbunden. Stromab werden die Flaschen über ihre Luftauslaßrohre 51 auf ein Vakuumsystem geschaltet, das die verschiedene Fluide durch das ganze Strömungssystem der Vorrichtung zieht. Der Elektrolyt tritt also in Form von Tropfen 54 durch das Zuflußrohr 50 in den Innenraum der Flasche ein. Der Flascheninnenraum wird durch den Topf 52 und dessen luftdichten Deckel 53 begrenzt. Einige der Tropfen 54 tragen in sich Teilchen. Ein Teilchen wird durch einen Punkt in dem Tropfen 54 gekennzeichnet. Gas tritt jedoch nicht in dieses Volumen ein, da es bereits vorher durch eine der beiden schon beschriebenen Verfahren abgetrennt worden ist.

Während die Teilchen in einem kleinen kraterförmigen Wulst 55 auf einem Feinfilter 56 verteilt werden, wird das Fluid selbst durch die Wirkung der Oberflächenspannung des Kapillarsystems dieses Filters abgesaugt. Das Filter soll Öffnungen mit einem Durchmesser von mehr als 1 µm besitzen, jedoch dürfen die Öffnungen bestimmt nicht größer sein als das kleinste aus der Suspension auszufilternde Teilchen. Der Elektrolyt wird dann weiter nach unten in ein dickeres Filter 57 gesaugt, von wo er weiter nach unten zum Boden des Topfs 52 durch ein vertikales Kapillarsystem 58 gelangt. Das dickere Filter bzw. Papierfilter 57 kann von derselben Art wie ein übliches Kaffeefilter ausgebildet werden. Als vertikales Kapillarsystem 58 kann ein Bündel dünner Glasrörchen von jeweils 2 mm Durchmesser verwendet werden. Das Bündel wird mit zwei oder mehr Gummibändern 59 zusammengehalten.

Der Durchmesser des Teilchenwulstes 55 auf dem Feinfilter 56 kann durch einen kleinen Ring 63 begrenzt werden. Der Durchmesser dieses Rings soll so groß sein, daß immer ein kleiner Teil auf dem Filter um den Punkt herum, auf den die Tropfen 54 fallen, von Teilchen freibleibt. Nur unter einer solchen Bedingung ist das Filter 56 in der Lage, den Elektrolyten nach unten weg durch die in dem Wulst 55 verbleibenden Teilchen zu saugen. Andernfalls können diese Teilchen das Feinfilter 56 verstopfen, ein Überfließen des Wulstes mit Elektrolyt verursachen und damit ein Abspülen der Teilchen in den normalerweise teilchenfreien, am Boden des Topfs 52 gesammelten, Abfallelektrolyten 62 zur Folge haben. Natürlich sind diese Teilchen dann für jede weitere Verwendung verloren.

Das quasi vertikale Kapillarsystem 58 kann auch aus sehr kleinen Kugelchen hergestellt werden. Vorzugsweise werden diese Kugelchen durch eine zylindrische Hülse zusammengehalten, die eine große Zahl von Löchern an ihren vertikalen Enden besitzt.

Das gefilterte Suspensionsfluid bildet im Kapillarsystem 58 bevorzugt ein "hängendes Kapillarwasser-Niveau" 60, von der der Elektrolyt zum normalen Kapillarniveau 61 tropft. Von letzterem wiederum fließt das gefilterte Fluid nach unten zum gefilterten Elektrolyt 62. Offensichtlich ist es für die korrekte Arbeit dieses Filtersystems vorteilhaft, wenn das hängende Kapillarwasser-niveau 60 niemals in einen ständigen Kontakt mit dem normalen Kapillarniveau 61 des schon gefilterten Elektrolyten kommt, weil dann die beiden Fluide ein stationäres Fluid zwischen dem normalen Niveau 61 und dem Papierfilter 57 bilden würden, und anstelle der abwärts gerichteten Saugkraft kann eine aufwärts gerichtete Saugkraft mit offensichtlich schädlicher Wirkung auf den Teilchen-Filterprozeß in dieser Flasche auftreten.

Nach dem Aussortieren werden die Teilchen des auf dem Feinfilter 56 gebildeten Wulstes 55 entweder in ein anderes Fluid gespült oder auf einen Mikroskop-Objekthalter für eine direkte visuelle Beobachtung und Prüfung gestrichen. Abhängig von der Menge des neuen Fluids wird auf diese Weise eine beliebig dichte neue Suspension der fraglichen Teilchen erhalten. Die Fläche des Feinfilters 56 soll nicht kleiner sein, als nötig ist, alle Teilchen zu sammeln, das bedeutet, daß die die Teilchen tragende Suspension nicht von den Kanten des Filters abfließen darf, vielmehr soll die Suspension durch das Feinfilter selbst hindurchströmen.

Es ist möglich, die behandelten Teilchen direkt auf ein Objekthalterglas zu sortieren, wenn dieses Glas genau unter das Zuflußrohr 50 mit kleinem Winkel gegenüber der Horizontalen plaziert wird und wenn zusätzlich ein Siebfilter passender Öffnungsgröße auf das Glas gelegt wird. In diesem Fall kann der Elektrolyt unter den Siebfilter und zwischen dessen Löchern vom Glas abfließen, demgegenüber werden die Teilchen zwischen den Öffnungen des Siebfilters zurückgehalten. Daher müssen die Öffnungen größer als der Teilchendurchmesser sein.

Bei Teilchen mit einem Durchmesser in der Größenordnung von 1 µm ist ein kleiner als 1 µm feines Membranfilter 56 erforderlich, diese Teilchen auszufiltrieren. Aus Versuchen hat sich ergeben, daß bei solchen Filtern die kapillare Saugkraft nicht stark genug ist. Daher wird in diesem Fall das vertikale Kapillarsystem 58 ersetzt durch ein anderes, stärkeres Vakuumsystem. Hierbei handelt es sich um einen vertikalen Zylinder mit einem an dessen Oberseite angeordneten starken gitterartigen Halter als Tragsystem für das feine und das dicke Filter 56, 57. Innerhalb dieses Zylinders wird mit Hilfe einer zusätzlichen Vakuumpumpe ein Hochvakuum erzeugt, mit welchem der suspendierte Elektrolyt durch die beiden aufeinander und auf der gitterartigen Struktur liegenden Filter gesaugt werden kann. Die auf dem Feinfilter verbleibenden Teilchen können in derselben Weise wie oben angegeben weiterbehandelt werden.

Aus der vorausgehenden Beschreibung ergibt sich klar, daß in beiden Versionen des Sortierens auf Membranfiltern bzw. auf dem Objekthalterglas das Filterverfahren und demgemäß das Anreicherungs- oder Verdichtungsverfahren der Teilchensuspension sehr schonend ist. In diesen Systemen fallen die Teilchen nämlich weich und zusammen mit einer großen Menge Elektrolyt aus der Höhe von 1 oder 2 cm auf ein Membranfilter oder auf ein Objekthalterglas. Von dort werden die Teil-

chen auf ebenfalls sehr schonende Weise für die weitere Verwendung aufgearbeitet. Das in der eingangs erwähnten bekannten Düsenmethode vorgesehene Ausblasen mit einer sehr hohen Geschwindigkeit in einem Düsenstrom des Elektrolyts, bei dem die Teilchen oft an die Wände des Behälters anstoßen, kommt also nicht vor. Daher sind der Filter/Auffang-Hohlraum und/oder die Filter/Auffang-Flasche zusätzlich sehr vorteilhaft für ein strukturelles Studium von Zellen in deren Mitose-Phase oder zum Studium von Chromosomen und im allgemeinen in jedem strukturell empfindlichen Fall.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum gesteuerten Aussorten von Volumenelementen aus einem zu einer Ursprungsrichtung als dünner Strömungstrahl fließenden, insbesondere aus Gas, Flüssigkeit oder Aerosol bestehenden, Fluid in eine dem jeweiligen Volumenelement zugeordnete Verteilrichtung, wobei für jedes Volumenelement ein bezüglich der Ursprungsrichtung seitlicher Ablenkimpuls mit Hilfe eines aus einem, insbesondere aus Gas oder Flüssigkeit bestehenden, Steuermedium gebildeten Fluiddruckpolsters erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die durch den Ablenkimpuls auf den Strömungsstrahl ausgeübte Schwingung vor dem Auslösen eines nächsten Ablenkvorgangs für ein Entkoppeln der Schwingungen gedämpft wird, indem das Fluiddruckpolster seitlich weg von der Ursprungsrichtung abgeführt wird.

2. Verfahren zum Steuern der Strömung von fluiden Substanzen mit, wahlweise individuelle Teilchen in einer Suspension tragenden fluiden Volumenelementen, die in einem geschlossenen, hohlräumartigen Kanalströmungssystem mit Ein- und Auslässen unter der Wirkung einer zwischen den Ein- und Auslässen vorhandenen Druckdifferenz fließen, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluidströmung in einer ersten Betriebsweise des Kanalströmungssystems im Sinne des Verteilens der fluiden Substanzen auf eine Zahl von Auslässen des Systems nach vorgegebenem Programm gesteuert abgelenkt wird, daß die Fluidströmung in einer zweiten Betriebsweise des Kanalströmungssystems im Sinne des Verteilens von jeweils wenigstens ein Teilchen enthaltenden Volumenelementen, auf eine Zahl von Auslässen des Systems abhängig von wenigstens einer individuellen physio-chemischen Eigenschaft des Teilchens gesteuert bzw. abgelenkt wird, um diese Teilchen aus der ursprünglichen Suspension in mehrere Teilsuspensionen zu sortieren, und daß jede zum Verteilen der Strömung der Substanz auf die verschiedenen Auslässe des Systems eingestellte Strömungskonfigurationen unabhängig von den anderen Strömungskonfigurationen während des gesamten Betriebs des Systems kompensiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die fluiden Substanzen in wenigstens einem Transportkanal (8) zu einem Kanalverzweigungsbereich (12) transportiert werden und daß dort eine Strömungskonfiguration der Substanz in den verschiedenen Auslässen des Strömungssystems jeweils ohne Analyse der Teilchen bei der ersten Betriebsweise und mit Analyse nach wenig-

stens einer Eigenschaft der Teilchen in der zweiten Betriebsweise eingestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Strömungskonfiguration in dem Kanalverzweigungsbereich (12), in den nicht nur der jeweilige Transportkanal (8) mündet, sondern von dem aus sich mehrere Verteilkanäle radial nach außen verzweigen, durch diskontinuierliches Zuführen eines fluiden Steuermediums am Eingang eines Teils von mehreren Verteilkanälen, in die die zu verteilenden Substanzen nicht eintreten sollen, erzeugt wird, daß das Steuermedium mit einer Kraft und an einem Ort zugeführt wird, daß die Substanzen gedrängt werden, in jeweils andere Kanäle, sogenannte Verteilkanäle (13 bis 15) einzutreten, daß das Steuermedium in einen Steuerkanal (16, 17), dem es zugeführt war, abgeleitet und daß durch das diskontinuierliche Zuführen einer kleinen Masse des Steuermediums dieses und die Substanzen in eine schnelle Schwankung versetzt wird. 15

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß je ein Pufferhohlräum (20 bis 24) an dem Ende jedes der Steuer- und Verteilkanäle (13 bis 17) angeordnet wird und daß die verteilten Substanzen in den jeweiligen Verteilkanälen (13 bis 15) zu den zugehörigen Pufferhohlräumen (22 bis 24) und das Steuermedium in den Steuerkanälen (16, 17) hierzu gehörigen Pufferhohlräumen (20, 21) transportiert werden. 25

6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die schnell schwingende, von den Verteilkanälen in die entsprechenden Pufferhohlräume (20, 21) fließende kleine Masse der Substanzen und des Steuermediums von dem in die Verteilkanäle (13, 15) strömenden Fluid, welches eine größere, langsam aus deren Pufferhohlräumen fließende Masse bzw. Menge besitzt, entkoppelt wird, indem jeder dieser Hohlräume (20, 21) mit einem fluidfreien Volumen ausgestattet wird, welches wesentlich größer ist als dasjenige des ganzen Kanalströmungssystems, derart, daß eine sehr schnelle Schwingung der kleinen zu verteilenden Substanzmenge mit entsprechend sehr schnellem Betrieb des Systems möglich wird. 45

7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorliegen eines gasförmigen Steuermediums und einer flüssigen Substanz der teilweise durch ein schwingendes Einfüllen des Steuermediums in die Pufferhohlräume (20, 21) erzeugte Druck gepuffert und gleichzeitig das Steuermedium von der behandelten Substanz gezielt getrennt wird, daß hierzu das gasförmige Steuermedium mittels hydrostatischen Auftriebs durch eine im oberen Teil des Hohlraums angeordnete Gassauslaßöffnung ausgetrieben und gleichzeitig die verteilte Substanz aus dem Hohlraum über eine an dessen Boden vorgesehene Auslaßöffnung abgelassen wird, derart, daß der stationäre Zustand der Druck- und Strömungsbedingungen im Verteilbereich des Systems in dem also kein Steuermedium zugeführt wird, exakt zurückgestellt und für eine nächste vollständig unabhängige Verteilphase bereitgehalten wird. 55

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die abgeteilten Fluide durch ein Mehrrohren-Zwei-Stellungsventil geleitet werden, welches entweder zu 60

einem jeweiligen Filter/Auffang-Mittel zum Abtrennen sortierter Teilchen vom größten Teil des suspensierenden Fluids im Sinne des Erzeugens einer sehr hoch konzentrierten Suspension oder in einen Abfallbehälter führt, und daß das erhaltene Endergebnis dann manuell zu anderen Behältern gebracht wird.

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die die Strömung im System verursachende Druckdifferenz durch Anlegen eines überatmosphärischen Drucks an die Einlässe des Systems verursacht wird, während die Auslässe des Systems bei atmosphärischem Druck gelassen werden.

10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die die Strömung im System verursachende Druckdifferenz erzeugt wird durch Anlegen eines Vakuums an die Auslässe des Systems, während die Einlässe auf Atmosphärendruck gehalten werden.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die die Strömung im System verursachende Druckdifferenz erzeugt wird durch Anlegen eines überatmosphärischen Drucks an die Einlässe des Systems und Anlegen eines Vakuums an einige der Auslässe des Systems, wobei die verbleibenden Auslässe auf einem anderen Druck, insbesondere Atmosphärendruck, gehalten werden.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Querschnitt einiger Transportkanäle mit flüssiger Substanz ausgefüllt wird, während in anderen Transportkanälen, den Eingangskanälen (8) des Systems, eine andere Strömungsgeometrie gewählt wird.

13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß einige der Transportkanäle mit mehr als einer Substanz ausgefüllt werden, wobei diese Substanzen quasilaminar nebeneinander in jedem der Kanäle fließen, und daß die quasilaminaren Strömungen in einer am Eingang jeder der Transportleitungen angesetzten Strömungskammer eingestellt werden.

14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dünne Strömung in einigen der Transportkanäle erzeugt wird, daß diese dünne Strömung (5) in einer Düsenkammer (7a) in eine Hüllströmung (6) eingeschlossen und dadurch in der Transportleitung (8) stabilisiert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die dünnen Strömungen (5) in der Ursprungsrichtung im stationären Strömungszustand in denselben Verteilkanal (13) oder in mehrere Verteilkanäle und in der Verteilphase in einen vorgewählten Verteilkanal (14, 15) fließen.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungen mit einem Querschnitt zum Orientieren mitgeführter Teilchen in eine passende Richtung relativ zum Querschnitt des entsprechenden Transportkanals ausgestattet werden, um die optimalen Analysebedingungen für die Teilchen zu erhalten.

17. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchenanalyse nur in einer solchen Entfernung vom Eingang des Kanalverzweigungsbereichs (12) aus-

geführt wird, daß die Durchflußzeit eines Teilchens von der Analyse zu dem Eingang nicht kürzer als die zum Einstellen einer zugehörigen Verteilströmungskonfiguration erforderliche Zeit ist.

18. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der hydrodynamische Widerstand der Transportkanäle (8) so groß wie möglich gemacht wird. 5

19. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermedium am Eingang des Steuerkanals an einer optimalen Stelle geringfügig innerhalb des Kanalverzweigungsbereichs (12) und teilweise in dem entsprechenden Steuerkanal eingebracht wird, derart, daß die beim Einstellen der geforderten Strömungskonfiguration umzudirigierenden Menge der zu behandelnden Substanz einen minimalen Wert erhält. 10

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermedium durch eine mit der Außenseite des Systems kommunizierende Steueroffnung an die optimale Stelle gebracht bzw. injiziert wird. 20

21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß – bevorzugt bei dem Vakumbetrieb – an der zum Injizieren des Steuermediums optimalen Stelle ein Dampf oder ein Gas erzeugt wird. 25

22. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilkanäle nur so lang gemacht werden, daß das Steuermedium das Ende dieser Kanäle während seiner Injektion in diesen Kanälen nicht erreicht und demgemäß die Teilchenauswahl durch eine mögliche, durch den Eintritt des Steuermediums in den entsprechenden Pufferhohlraum verursachte 30 Druckvariation nicht gestört wird.

23. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein erstes elektronisches System zum Einstellen der passenden Verteil-Strömungskonfiguration und ein zweites elektronisches System zum Einstellen der stationären Strömungskonfiguration vorgesehen wird. 40

24. Vorrichtung zum gesteuerten Aussortieren von Volumenelementen aus einem, insbesondere aus Gas, Flüssigkeit oder Aerosol bestehenden, Fluid durch pneumatisches Ablenken eines gerichteten, dünnen Strömungsstrahls des Fluids in einen dem jeweiligen Volumenelement zugeordneten Verteilkanal, wobei die Bewegungsbahn des Strömungsstrahls jeweils durch ein Flüssigdruckpolster in mindestens einem anderen, dem Strömungsstrahl zugewandten Kanal verändert wird, insbesondere zum Durchführen des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß am jeweiligen zum wahlweisen Erzeugen eines Flüssigdruckpolsters vorgesehenen Kanal (14, 55 15) Kompensationsmittel (20, 21) zum vollständigen Abbau des Druckpolsters vor dem Aufbau eines dem nächsten Volumenelement zugeordneten Druckpolsters und zum Dämpfen von durch den Auf- und Abbau des Druckpolsters erzeugten Schwingungen vorgesehen sind.

25. Verteil- und Sortierzvorrichtung zum Steuern einer Strömung flüssiger Substanzen mit wahlweise individuelle Teilchen in Suspension enthaltenden Volumenelementen, die in einem geschlossenen, hohlraumartigen Kanalströmungssystem mit Ein- und Auslässen unter der Wirkung einer zwischen den 60 65

Ein- und Auslässen bestehenden Druckdifferenz fließen, insbesondere nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch

eine erste Betriebsweise der Steuerung der Strömung nach einem vorgegebenen Programm zum Verteilen der flüssigen Substanzen auf eine Mehrzahl von Auslässen des Kanalströmungssystems und eine zweite Betriebsweise der Steuerung der Strömung durch Auswählen und Verteilen von jeweils wenigstens ein Teilchen enthaltenden Volumenelementen entsprechend wenigstens einer individuellen physio-chemischen Eigenschaft der Teilchen, wodurch diese Teilchen aus dem Fluid in eine Anzahl von Gruppen einzusortieren sind, und durch einen kombinierten Kompensationsprozeß zum schnellen und zuverlässigen Vor- und Zurückstellen jeder individuellen, vorgewählten Strömungskonfiguration mit schneller und genauer Rückkehr der Strömung in ihre stationäre Ursprungsrichtung nach jeder Abtrennphase während des gesamten Betriebs des Systems derart, daß jede Verteil- oder Sortierphase vollständig unabhängig von allen vorangegangenen Phasen ist und das schnell schwingende Verteil-Strömungssystem von der langsamen Strömung des schon abfließenden Fluids abgekoppelt ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, gekennzeichnet durch wenigstens einen Transportkanal (8) mit einem in Strömungsrichtung unteren Ende, der nicht nur die flüssige Substanz zu dem Kanalverzweigungsbereich (12) trägt, sondern auch eine Einrichtung zur Analyse der bei der Teilchen-Sortiermethode zu untersuchenden Teilchen enthält.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, gekennzeichnet durch wenigstens einen Kanalverzweigungsbereich (12), der annähernd durch die unteren Enden der Transportleitungen (8) und die Eingänge der sich von diesem Bereich aus verzweigenden Teilkanäle (13 bis 15) begrenzt ist.

28. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 25 bis 27, gekennzeichnet durch wenigstens eine Einrichtung zum Vergrößern des Fluiddrucks an den Eingängen der Verteilkanäle durch Injektion eines Steuermediums, derart, daß durch Erhöhung des Drucks in einem solchen Kanal die Substanz oder das darin mitgeführte Teilchen daran gehindert wird, in diesen Kanal einzutreten, aber gedrängt wird, in derselben Verteilphase in einen Kanal einzutreten, an den eine Druckerhöhung bei der Injektion nicht stattfindet, während das Steuermedium in den Kanal fließt, in dem es injiziert wird.

29. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 25 bis 28, gekennzeichnet durch wenigstens zwei sich von dem Kanalverzweigungsbereich (12) aus mit kleinem Winkel relativ zueinander verzweigende Verteilkanäle (14, 15).

30. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 25 bis 29, gekennzeichnet durch einen Pufferhohlraum (20 bis 24) am Ende jedes Steuer- bzw. Verteilkanals (13 bis 17) mit einem fluid-freien Volumen, welches wesentlich größer ist als dasjenige des gesamten, alle Transportkanäle (8, 11), das Volumen des Kanalverzweigungsbereichs (12) und alle Verteilkanäle (13, 17) umfassende Volumen des Strömungssystems, und dazu vorgesehen ist, Druckschwankungen zu kompensieren und eine schnell schwingende Strömung des Fluids in den Verteilkanälen (13 bis 15) von der großen Menge

schon behandelten Fluids abzukoppeln.

31. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 25 bis 30, gekennzeichnet durch ein Mehr-röhren-Zwei-Stellungs-Ventil, das in einer Stellung dazu vorgesehen ist, die verschiedenen behandelten Fluide in andere Behälter zu leiten und in der anderen Stellung alle Fluide in einen Abfallbehälter lenkt und durch mit einer Stellung des Ventils verbundene Filter/Auffang-Hohlräume zum selektiven Vergrößern der Konzentration der Teilchensuspension nach der Bearbeitung, derart, daß die Masse des Fluids von den Teilchen zu trennen ist. 5

32. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß an die Systemeingänge über dort vorgesehene Substanzbehälter ein Druck angelegt ist, während die Systemauslässe unter Atmosphärendruck stehen. 15

33. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß an die Systemauslässe ein Vakuum angelegt ist, während die Eingänge unter Atmosphärendruck stehen. 20

34. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß an die Systemeingänge über dort vorgesehene Substanzbehälter ein Druck angelegt ist, während wenigstens einige der Auslässe mit einem Vakuum beaufschlagt sind und die verbleibenden Auslässe unter einem beliebigen Druck kleiner als der an den Behältern anliegende Druck stehen. 25

35. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß mehr als ein Transportkanal vorgesehen ist und jeder der Transportkanäle mindestens einen Substanz-Typ zum Kanalverzweigungsbereich (12) unabhängig von den anderen Transportkanälen trägt. 30

36. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Transportkanäle wenigstens eine dünne Strömung (5) trägt, daß der Querschnitt der dünnen Strömung (5) relativ klein gegen denjenigen des Kanals ist und daß die dünne Strömung mit wenigstens einer fluiden Substanz beim turbulenzfreien Strom zu dem Kanalvertriebungsbereich (12) umhüllt ist. 40

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige dünne Strömung eine Querschnittsgeometrie besitzt, die optimal für eine beste Orientierung der mit der Strömung mitgeführten Teilchen ist. 45

38. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß ein Transportkanal wenigstens eine Teilchen-Analysier-Einrichtung und wenigstens Teile einer Einrichtung zum Umwandeln mindestens einer vorgegebenen physio-chemischen Eigenschaft der Teilchen, die in einer angeschlossenen elektronischen Apparatur elektronisch zu Impulsen zu verarbeiten sind, beherbergt. 50

39. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Transportkanäle einen maximalen hydrodynamischen Widerstand besitzen, der es ermöglicht, an die Ausgänge des Systems ein entsprechend hohes Vakuum anzulegen. 60

40. Vorrichtung nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchen-Analysier-Einrichtung oder Teile so weit vom Eingang des Ka-

nalverzweigungsbereichs (12) angeordnet sind, daß die Teilchen-Durchflußzeit zwischen Analysator und Eingang nicht kürzer ist als eine Zeit, die zum Erzeugen einer vorgewählten Verteilströmungskonfiguration in dem Verzweigungsbereich ist.

41. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß als Teilchenanalysator ein optisches System nach der Episkop-Beleuchtungsart mit einem Objektiv sehr kurzer Brennweite ist und daß ein Transportkanal in die Oberseite der Vorrichtung eingelassen bzw. eingraviert und mit einem sehr dünnen Glas luftdicht abgedeckt ist.

42. Vorrichtung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumen des Kanalverzweigungsbereichs (12) durch die unteren Enden der Transportkanäle, durch die Eingänge der Verteilkäne (13 bis 15), durch die Bodenfläche dieses Teils des Strömungssystems und durch die untere Oberseite des diesen Teils des Strömungssystems abdeckenden Deckglasses begrenzt ist.

43. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß einige der Kanäle (13 bis 15) nur für Verteilzwecke vorgesehen sind (Fig. 1 und 2).

44. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß einige der Kanäle (16, 17) des Systems nur als Steuerkanäle ausgebildet sind.

45. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Injizieren des Steuermediums zwecks Minimierung der abzulenkenden Menge der fluiden Substanz unmittelbar vor dem Kanaleingang und teilweise in den Kanal selbst gerichtet sind.

46. Vorrichtung nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß zum optimalen Injizieren des Steuermediums ein Injektionskanal vorgesehen ist, dessen Eingang außerhalb der Vorrichtung dort liegt, und daß dort zur Injektion ein elektromechanisches Ventil angeordnet ist.

47. Vorrichtung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß im Sinne einer Erhöhung der Betriebsgeschwindigkeit ein Gas als Steuermedium vorgesehen ist.

48. Vorrichtung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermedium derart ausgewählt ist, daß eine vorgegebene Mischung zwischen Steuermedium und zu verteilender fluider Substanz vorliegt.

49. Vorrichtung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß die aufzuteilende fluide Substanz aus einer Flüssigkeit besteht, die während des Verteilens nicht gelöst werden soll, und daß ein inertes Gas als Steuermedium vorgesehen ist.

50. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 49, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vakuum vor dem Eingang eines der Verteilkäne (13 bis 15) und Steuerkanäle (16, 17) vorgesehen ist und daß als Steuermedium ein durch einen physikalischen Prozeß gebildetes Gas vorgesehen ist.

51. Vorrichtung nach Anspruch 50; gekennzeichnet durch Elektrolyse zwischen Platin-Elektroden zum optimalen Erzeugen des Gases.

52. Vorrichtung nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß als Steuermedium ein an der optimalen Position zwischen wenigstens zwei nicht korrodierenden Metallelektroden, vorzugsweise

aus Wolfram, Molybdän oder Platin, durch elektrische Bögen oder Funken im Fluid erzeugter Dampf vorgesehen ist.

53. Vorrichtung nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß als Steuermedium ein an der optimalen Position durch Beleuchten des Fluids mit einem ausreichend intensiven Lichtstrahl, insbesondere Laserstrahl, erzeugter Dampf vorgesehen ist. 5

54. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Verteil- und Kontrollkanäle eine minimale Länge besitzt, derart, daß das Stromab-Ende des Steuermediums das Stromab-Ende des Kanals während des Injizierens des Kontrollmediums nicht erreicht. 10

55. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 54, dadurch gekennzeichnet, daß der Pufferhohlraum in den Grundkörper (1) am Stromab-Ende des entsprechenden Steuer/Verteil-Kanals eingebaut ist und ein fluid-freies Volumen besitzt, das wesentlich größer ist als dasjenige des gesamten übrigen Strömungssystems, daß der Pufferhohlraum einen Auslaß an seinem Boden mit einer derartigen Größe besitzt, daß sowohl das behandelte Fluid als auch das gasförmige Steuermedium ausfließen können, ohne sich gegenseitig zu stören, wodurch sowohl die Druckdifferenz als auch Fluid-Schwingungen bis zu einem sehr hohen Grad kompensiert werden. 15

56. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 54, dadurch gekennzeichnet, daß der Pufferhohlraum am Stromab-Ende des die auszuwählenden Teilchen enthaltenden Steuer/Verteil-Kanals in den Grundkörper (1) eingebaut ist, daß der Hohlraum ein fluid-freies Volumen besitzt, das vielfach größer als dasjenige des gesamten verteilenden Strömungssystems ist, daß der Hohlraum an seinem Boden einen Auslaß besitzt, der das gasförmige Steuermedium nicht durchläßt, und daß im oberen Teil des Hohlraums ein Gasauslaßloch für das Steuermedium vorgesehen ist, wobei das Steuermedium den Hohlraum durch die Wirkung des hydrodynamischen Auftriebs verläßt und wobei der große fluid-freie Volumenteil des Hohlraums unter dem Systemdruck steht und Druckschwankungen in diesem Hohlraum kompensiert. 20

57. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 56, gekennzeichnet durch einen den Filter/Auffang-Hohlraum und eine mit einem Bajonetverschluß ausgestatteten Patrone aufnehmenden Körper; ein Einlaßrohr (50) für die in den Hohlraum eintretende Substanz; ein Membran-Feinfilter (55) mit Öffnungen kleiner als die kleinste Größe der aus der zu behandelnden Substanz auszufilternden Teilchen; ein grobes Membranfilter (56) unter dem Feinfilter (55); ein vertikales Kapillarsystem (58); und ein Auslaßrohr (51) im oberen Bereich des zylinderförmigen Körpers (52) zum Stabilisieren der Druckdifferenz in dem Hohlraum. 25

58. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 25 bis 56, gekennzeichnet durch einen den Filter/Auffang-Hohlraum und eine Patrone mit einem Bajonettsystem zum luftdichten Verschließen der Patrone in dem Hohlraum enthaltenden Körper; ein Einlaßrohr (50) zum Einführen der behandelten Substanz in den Hohlraum; eine sehr feine Membran (56) mit Öffnungen von nicht mehr als 1,0 µm Durchmesser; ein grobes Membranfilter 30

(57) unter der feinen Membran (56); einen vertikalen Zylinder mit einem durch ein die beiden Filter (56, 57) tragenden Metallgitter abgedeckten Zylinder; eine Öffnung am oberen Ende des Zylinders zum Stabilisieren des Drucks in dem Hohlraum; und eine zweite Öffnung am Boden des vertikalen Zylinders zum Anlegen eines ausreichend großen Vakuums zum Ansaugen des suspendierten Fluids und zum Ausfiltern der behandelten Teilchen. 35

59. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 56, gekennzeichnet durch einen Hauptkörper, an den die Filter/Auffang-Hohlraummittel durch flexible Schläuche angeschlossen sind und der eine Flasche mit einem Behälter umfaßt; ein Einlaßrohr (50) am Kopf des Behälters (52) für den Eintritt der Suspension in diese Flasche; ein feines Membranfilter (56) mit Öffnungen, die nicht kleiner sind als die Größe der kleinsten aus der behandelten Suspension auszufilternden Teilchen; ein grobes Membranfilter (57) unter dem Feinfilter (56); ein vertikales Kapillarsystem (58); und ein Auslaßrohr (51) im oberen Teil der Flasche (52) zum Stabilisieren des Differenzdrucks der Flasche. 40

60. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 56, gekennzeichnet durch einen Hauptkörper, wobei die Filter/Auffang-Hohlraummittel über flexible Röhren mit jedem Teilchen-führenden Suspensions-Auslaß der Vorrichtung des Grundkörpers (1) verbunden sind und eine Flasche mit einem Behälter (52) umfassen; ein Einlaßrohr (50) am oberen Ende der Flasche, welches etwa vertikal für den Eintritt der behandelten Suspension in die Flasche orientiert ist; ein sehr feines Membranfilter (56) mit Öffnungen von nicht mehr als etwa 1,0 µm Durchmesser; ein grobes Membranfilter (57) unter dem Feinmembranfilter (56); einen vertikalen Zylinder, dessen oberes Ende mit einem die beiden Filter tragenden Metallgitter abgedeckt ist; eine Öffnung im oberen Teil der Flasche zum Stabilisieren des Drucks im ganzen Strömungssystem; und eine zweite Öffnung am Boden des vertikalen Zylinders zum Anlegen eines ausreichend hohen Vakuums in dem Zylinder für ein Ansaugen der Suspension und Ausfiltern der aussortierten Teilchen. 45

61. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 57 bis 60, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem feinen Membranfilter (56) ein Ring (63) zum Begrenzen der Ausbreitung der zu filternden Teilchen auf dem Filter angeordnet ist. 50

62. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 57 bis 60, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mikroskop-Objekthalterglas unter das Einlaßrohr (50) gesetzt ist, daß das Glas mit einem feinen Sieb bedeckt ist, derart, daß die ausgewählten Teilchen in den Öffnungen des Siebs hängenbleiben, während das Fluid selbst nach unten auf den Boden der Flasche fließt. 55

63. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 62, dadurch gekennzeichnet, daß das an die Auslässe (51) angelegte Vakuum so hoch wie für die Gesamtheit der Konstruktion zulässig eingestellt ist. 60

64. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilkanäle (14, 15) ausgehend von dem Kanalverzweigungsbereich (12) sich mit dem kleinstmöglichen Winkel relativ zueinander verzweigen, wäh- 65

rend die Steuerkanäle (16, 17) die Verteilkanäle umgeben und dadurch eine optimale Kanalverzweigungsgeometrie schaffen.

65. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 64, dadurch gekennzeichnet, daß optische Analysatoren vorgesehen sind und daß das in der Vorrichtung verwendete Material ein nicht-fluoreszierendes, schwarzes Material ist. 5

66. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 65, dadurch gekennzeichnet, daß sie 10 aus einem elektrischen nicht leitenden Material besteht.

67. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 66, dadurch gekennzeichnet, daß im Grundkörper (1) mehrere Putzlöcher (25, 26) vor- 15 gesehen sind, durch die der Kanalverzweigungsbe- reich (12) durch einen Düsen-Reinigungsstrahl er-reichbar ist, so daß Fremdkörper aus diesem Be- reich zu entfernen ist, und daß die Putzlöcher bei Betrieb der Vorrichtung luftdicht zu verschließen 20 sind.

68. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 67, dadurch gekennzeichnet, daß die in der offenen Oberfläche gebildeten Kanäle durch ein sehr dünnes Mikroskop-Deckglas unter Ver- 25wendung eines nichtfluoreszierenden und nicht re- flektierenden, schwarzen Klebstoffs, insbesondere ein Epoxid, versiegelt sind, so daß eine unerwünschte Hintergrundbeleuchtung im wesentlichen ver- mindert ist. 30

69. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 68, dadurch gekennzeichnet, daß alle Kanäle und Hohlräume in einem einzigen Körper derart gebildet sind, daß jeder Teil des Strömungs- systems durch ein Stereo-Mikroskop klar beob- 35 achtbar ist und jeder Fremdkörper darin leicht zu beobachten und zu entfernen ist.

70. Vorrichtung nach den Ansprüchen 57 und 58, dadurch gekennzeichnet, daß das vertikale Kapil- 40 larsystem (58) ein Bündel von, vorzugsweise durch elastische Bänder (59) zusammengehaltenen, Glasröhren besteht, von denen jede einen Durchmesser von etwa 1,0 mm besitzt.

71. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß opti- 45 sche Analysatoren vorgesehen sind und daß die Wände der Leitungen und Kanäle mit einer dünnen Schicht eines nichtfluoreszierenden, schwarzen Materials bedeckt sind.

72. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 71, dadurch gekennzeichnet, daß 50 verschiedene elektrische Drähte gegenüber einem elektrisch leitenden Körper der Vorrichtung iso- liert sind.

73. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß als 55 Analysator ein elektronisches System vorgesehen ist, das für die Verteilmethode ein vorbestimmtes Programm zum Vorbestimmen der Verteilung der Substanzen enthält.

74. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 73, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Reinigungsleitungen im Grundkörper (1) 65 derart vorgesehen sind, daß der Kanalverzweigungs- bereich (12) mit Hilfe eines Reinigungsfadens zum Entfernen von Fremdkörper aus diesem Be- reich erreichbar ist, und daß die Reinigungsleitun- gen bei Betrieb der Vorrichtung luftdicht zu ver-

schließen sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

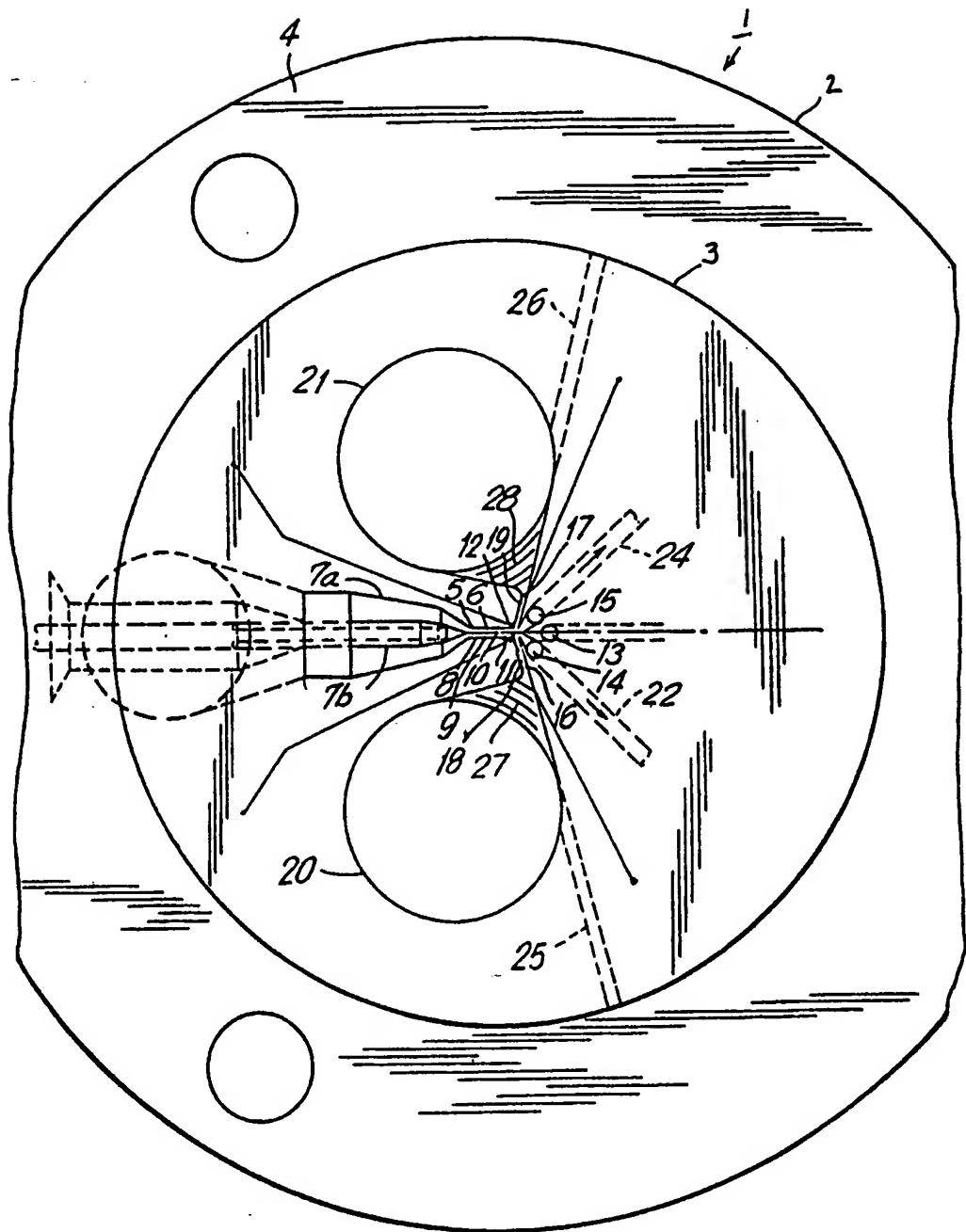


FIG. I

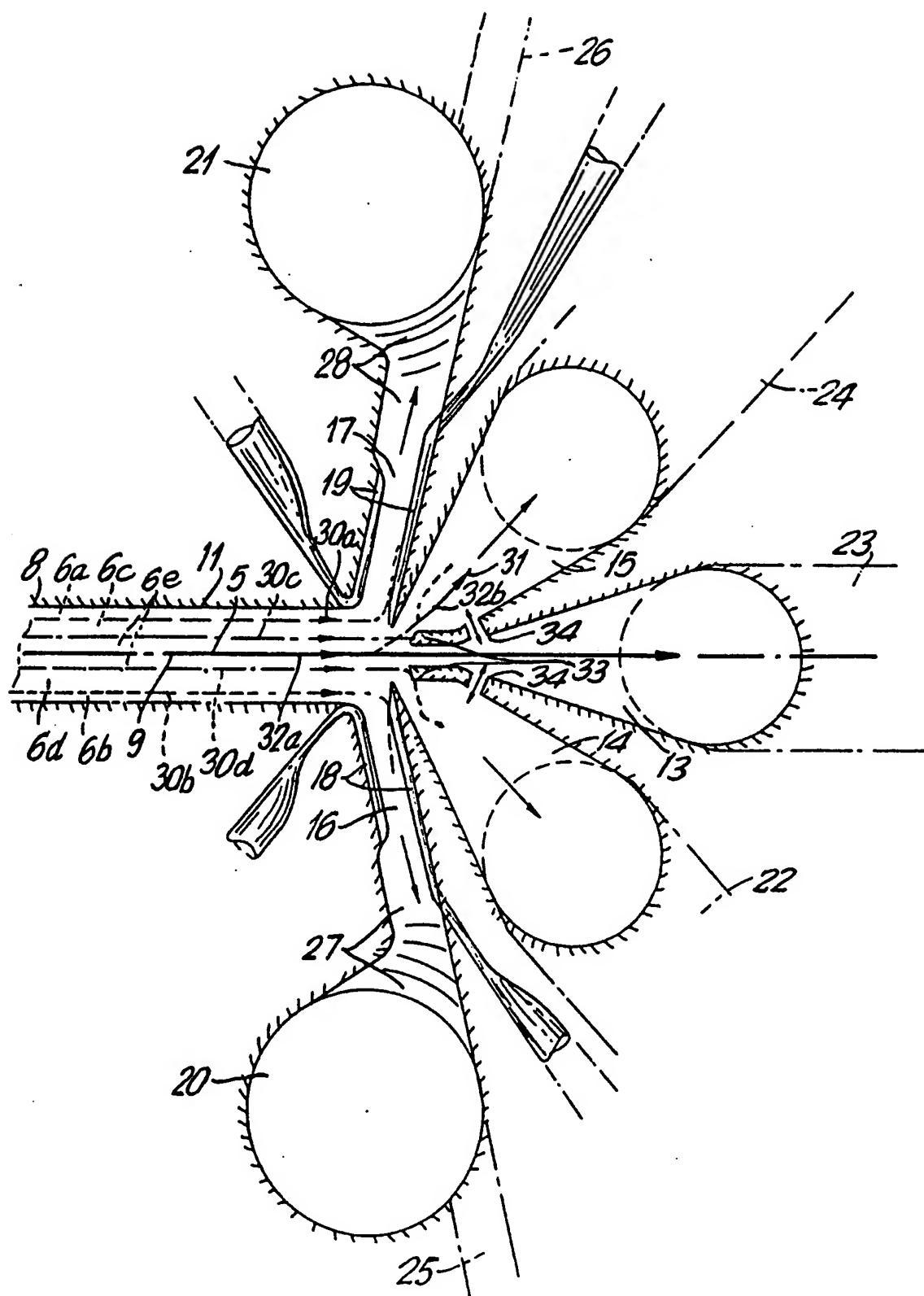


FIG. 2

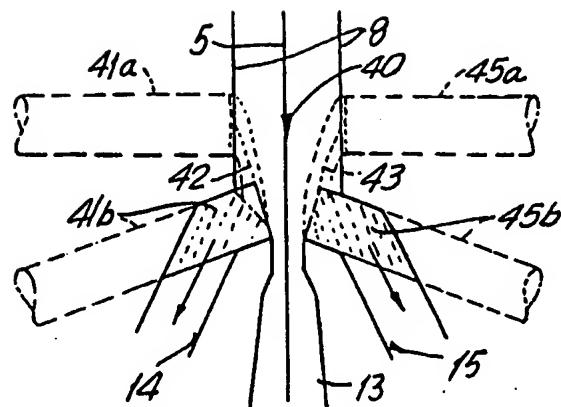


FIG. 3

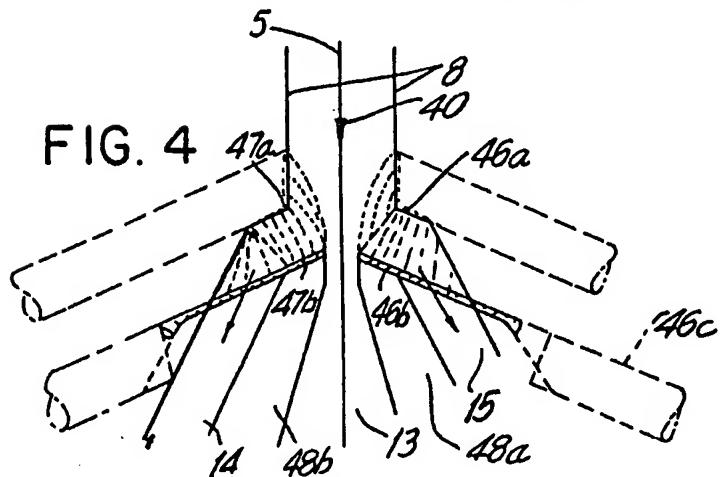


FIG. 4

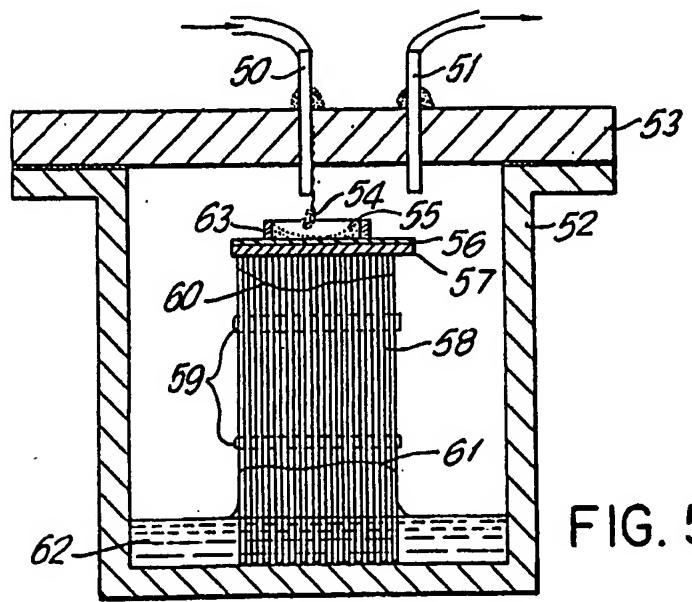


FIG. 5